

1/5/1 (Item 1 from file: 351)  
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2006 The Thomson Corp. All rts. reserv.

012966756 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-138605/200013

XRAM Acc No: C00-042742

Mold for a microlens, or microlens array, formed on a substrate with at

least an electrically conductive portion, by electroplating in and around

an opening in a mask on the substrate.

Patent Assignee: CANON KK (CANO ); SHIMADA Y (SHIM-I); TESHIMA T (TESH-I);

USHIJIMA T (USHI-I); YAGI T (YAGI-I)

Inventor: SHIMADA Y; TESHIMA T; USHIJIMA T; YAGI T

Number of Countries: 028 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date
EP 976530	A2	20000202	EP 99114793	A	19990728
200013 B					
KR 2000012055	A	20000225	KR 9930971	A	19990729
200102					
JP 2001001349	A	20010109	JP 99202396	A	19990716
200107					
US 20020100859	A1	20020801	US 99360455	A	19990726
200253					
KR 333457	B	20020418	KR 9930971	A	19990729
200269					
US 6656393	B2	20031202	US 99360455	A	19990726
200379					
US 20040108210	A1	20040610	US 99360455	A	19990726
200438					
			US 2003634870	A	20030806
JP 3554228	B2	20040818	JP 99202396	A	19990716
200454					

Priority Applications (No Type Date): JP 99202396 A 19990716;  
JP 98228666 A

19980729; JP 99110227 A 19990419

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 976530	A2	E	32	B29D-011/00	
Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR					
GB GR IE IT					
LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI					
KR 2000012055	A			B29C-033/00	
JP 2001001349	A		19	B29C-033/38	
US 20020100859	A1			B29C-033/40	
KR 333457	B			B29C-033/00	Previous Publ. patent KR
2000012055					
US 6656393	B2			B29D-011/00	
US 20040108210	A1			C25D-001/10	Div ex application US
99360455					
					Div ex patent US 6656393
JP 3554228	B2		26	B29C-033/38	Previous Publ. patent JP
2001001349					

Abstract (Basic): EP 976530 A2

BEST AVAILABLE COPY

NOVELTY - Mold for a microlens is formed by providing a substrate

(1), at least a portion (2) of which is electrically conductive,

providing a mask (3) over the substrate, with an opening (4), and

electroplating a layer (5) in the opening on the substrate, and over

the surrounding mask to form the lens mold, or a master for forming the mold.

DETAILED DESCRIPTION - The opening in the mask is of width or

diameter less than or equal to 0.35 times the radius of curvature of

the microlens mold and/or less than or equal to 10 micron.

An INDEPENDENT CLAIM is also included for the process above in

which the plated layer has a flat portion formed at the beginning of

electroplating which has a width or diameter equal that of the opening

and a radius of curvature above the opening equal to radius of

curvature of the desired lens, and the width or diameter of the opening

is 0.35 times the radius of curvature of the desired lens, and/or the

plated layer has a convex profile formed at the beginning of the plating.

USE - Forming a mold, or a master of a mold, and forming a lens

using the mold to be used in liquid crystal display devices, light

receivers, and in inter-fiber connectors in optical communications.

ADVANTAGE - Enables economic production of micro lenses with a

large numerical aperture in arrays with a narrow lens interval, a large

light condensing efficiency, and a large area.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the formation of the lens mold.

Substrate (1)

Electrode layer (2)

Mask (3)

Opening (4)

Plated layer (5)

pp; 32 DwgNo 3A-3E/14

Title Terms: MOULD; ARRAY; FORMING; SUBSTRATE; ELECTRIC; CONDUCTING;

PORTION; ELECTROPLATING; OPEN; MASK; SUBSTRATE

Derwent Class: A32; A89; P81

International Patent Class (Main): B29C-033/00; B29C-033/38; B29C-033/40;

B29D-011/00; C25D-001/10

International Patent Class (Additional): B29L-011-00; C25D-003/04;

C25D-003/12; C25D-003/38; C25D-005/48; G02B-001/04; G02B-  
003/00

File Segment: CPI; EngPI

(19) KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

## KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020000012055 A  
 (43)Date of publication of application: 25.02.2000

(21)Application number: 1019990030971  
 (22)Date of filing: 29.07.1999

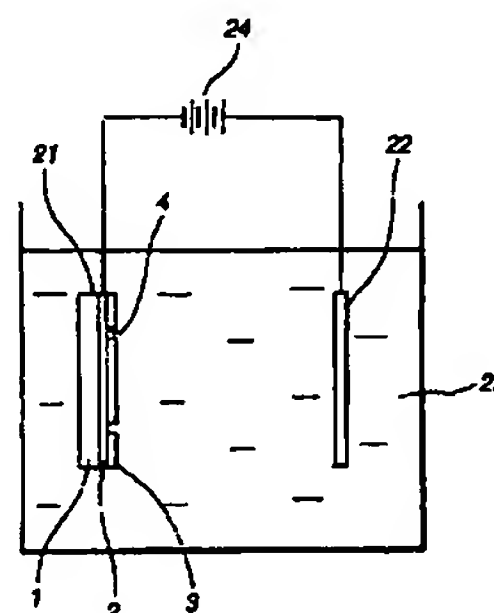
(71)Applicant: CANON KABUSHIKI KAISHA  
 (72)Inventor: SHIMATA YASHUHIRO  
 TESHIMA MAKAYUKI  
 WOOSHIJIMA TAKASHI  
 YAKITA KAYUKI

(51)Int. Cl. B29C 33 /00

(54) MOLD FOR FORMING MICRO LENS AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57) Abstract:

PURPOSE: A mold for a micro lens or a micro lens array is provided to easily reduce the size and to have a wanted curvature or a big NA. CONSTITUTION: The mold for the micro lens installs a conductive substrate or electrode layers (2,12,32,52) and substrates(1,11,31,51,61) of which one part is conductive, an opening or an insulating mask layers(3,13,33,53) containing plural openings(4,14,34,54), and a gliding layers (5,15,35,55) gilt with electricity inside the opening and on the mask layer. The micro lens array of which the diameter is 2-3 micron or 200-300 micron, has a structure arranged by the fine lens of a hemispheric profile and has big light collecting efficiency effectively using a ray of light incident upon a lens surface.



COPYRIGHT 2000 KIPO

## Legal Status

Date of request for an examination (19990729)

Notification date of refusal decision ( )

Final disposal of an application (registration)

Date of final disposal of an application (20020226)

Patent registration number (1003334570000)

Date of registration (20020409)

Number of opposition against the grant of a patent ( )

Date of opposition against the grant of a patent ( )

Number of trial against decision to refuse ( )

공개특허특2000-0012055

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl. 6  
B29C 33/00(11) 공개번호 특2000-0012055  
(43) 공개일자 2000년02월25일

(21) 출원번호 10-1999-0030971

(22) 출원일자 1999년07월29일

(30) 우선권주장 1998-2286661998년07월29일일본(JP)

(71) 출원인 캐논 가부시끼가이샤 미다라이 후지오  
일본 도쿄도 오오따꾸시 모마루코 3쵸메 30방 2고(72) 발명자 야기다까유키  
일본도쿄도오오따꾸시모마루코3쵸메30방2고캐논가부시끼가이샤내  
시마다야스히로  
일본도쿄도오오따꾸시모마루코3쵸메30방2고캐논가부시끼가이샤내  
데시마다까유키  
일본도쿄도오오따꾸시모마루코3쵸메30방2고캐논가부시끼가이샤내  
우시지마다까시  
일본도쿄도오오따꾸시모마루코3쵸메30방2고캐논가부시끼가이샤내(74) 대리인 장수길  
구영창  
주성민

심사청구 : 있음

(54) 마이크로렌즈를 형성하기 위한 몰드 및 그 제조 방법

## 요약

마이크로렌즈용 몰드는 도전성 기판 또는 전극층(2, 12, 32, 52)을 갖고 있는 기판과 같이 적어도 일부분이 도전성인 기판(1, 11, 31, 51, 61), 상기 기판상에 형성되어 있으며 개구 또는 복수의 개구(4, 14, 34, 54)를 포함하는 절연 마스크층(3, 13, 33, 53), 및 상기 개구내에 그리고 상기 마스크층상에 전기도금된 도금층(5, 15, 35, 55)을 구비한다. 개구(3, 14, 34, 54)의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $\phi$

$$\leq$$

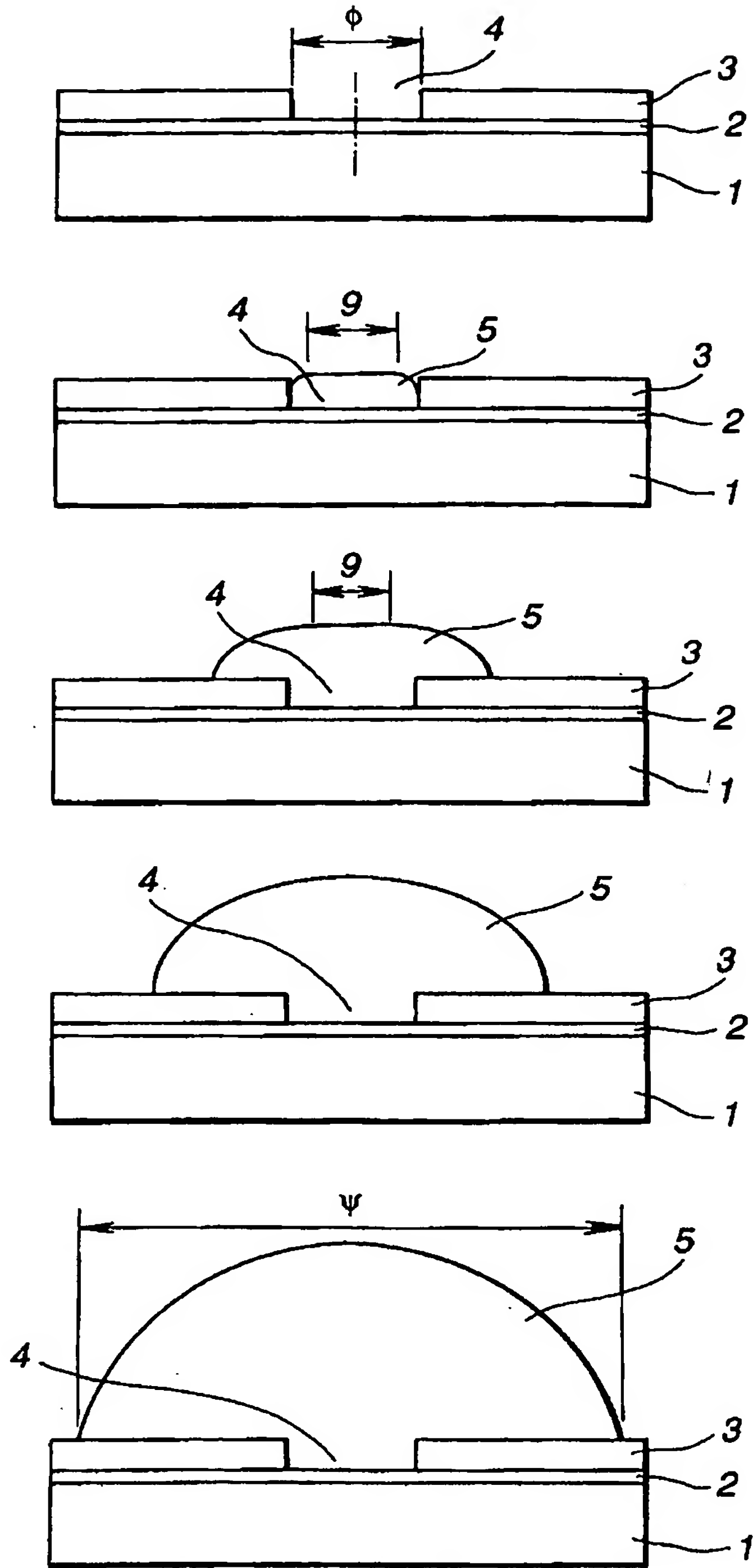
0.35R의 관계를 갖는 제1 조건 - (R)은 상기 개구 바로 위의 도금층(5, 15, 35, 55)의 곡률반경임 - 또는 개구(4, 14, 34, 54)의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $\phi$

$$\leq$$

10  $\mu$ m인 제2 조건이 만족된다.

대표도

도면



### 색인어

마이크로렌즈, 몰드, 전기도금, 곡률 반경, 절연 마스크

### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1a 내지 도 1d는 종래의 전기도금 성장 단계를 도시하는 각각 도시하는 단면도.

도 2는 도금층의 곡률 반경을 도시하는 단면도.

도 3a 내지 도 3e는 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로렌즈 몰드의 제조 방법에서 전기도금 성장 단계를 각각 도시하는 단면도.

도 4는 본 발명에서 사용된 전기도금 장치를 도시하는 단면도.

도 5는 도금층의 최소 곡률 반경을 도시하는 그래프.

도 6은 제1 실시예에서 도금층 하부 직경 및 도금층의 광학축 근처의 곡률 반경의 실험 결과를 도시하는 그래프.

도 7은 제1 실시예에서 최소 곡률 반경 및 개구의 직경  $\phi$ 의 결과를 도시하는 그래프.

도 8a 내지 도 8d는 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로렌즈 몰드의 제조 방법에서 전기도금 성장 단계를 각각 도시하는 단면도.

도 9는 제2 실시예에서 반구형 프로파일의 평가 방법을 도시하는 도면.

도 10은 제2 실시예에서 개구 바로 위의 도금층의 광학축 근처의 곡률 반경 R 및 가상의 곡률 반경 r의 결과를 도시하는 도면.

도 11a 내지 도 11e는 몰드 마스터 상에서 몰드를 전기도금하기 위한 방법에서 제조 단계를 도시하는 단면도.

도 12a 내지 도 12c는 본 발명에 따른 마이크로렌즈 어레이의 제조 방법에서 제조 단계를 각각 도시하는 단면도.

도 13a 내지 도 13c는 본 발명에 따른 마이크로렌즈 어레이의 다른 제조 방법에서 제조 단계를 각각 도시하는 단면도.

도 14는 본 발명에 따른 수정체 렌즈 배열용 몰드를 도시하는 투시도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

- 1, 11, 31, 51, 61 : 기판
- 2, 12, 32, 52 : 도전성 기판 또는 전극층
- 3, 13, 33, 53 : 절연 마스크층
- 4, 14, 34, 54 : 개구
- 5, 15, 35, 55 : 도금층

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야 종래기술

본 발명은 미세구조의 제조 방법, 미세구조를 형성하기 위한 몰드 또는 몰드 마스터의 제조 방법(명세서에서 "몰드"은 몰드 및 몰드 마스터를 포함하는 넓은 의미로서 사용됨), 및 몰드를 이용한 미세구조의 제조 방법 등에 관한 것이다. 본 발명은 특히 마이크로렌즈 또는 마이크로렌즈 어레이용 몰드, 몰드의 제조 방법, 및 몰드를 이용한 마이크로렌즈 또는 마이크로렌즈 어레이의 제조 방법에 관한 것이다.

마이크로렌즈 어레이는 전형적으로 각각 직경이 2~3마이크론 내지 200~300마이크론이고, 대략 반구형 프로파일의 미세한 렌즈에 의해 배열된 구조를 갖는다. 마이크로렌즈 어레이는 예를 들면, 액정 표시 장치, 광 수신기 및 광통신 시스템에서 내부 파이버 연결 등과 같이 다양하게 적용되어 사용된다.



그 동안, 최근 장치간의 피치에 인접하여 배열형으로 용이하게 배열될 수 있는 표면 방출 레이저 등이 개발되어 왔다. 따라서, 인접한 렌즈 간격과 큰 개구수(numerical aperture : NA)를 갖는 마이크로렌즈 어레이가 필요하게 되었다.

이와 같이, 반도체 공정 기술이 개발되고 발전함에 따라 전하 결합 소자(CCD)와 같은 광 수신 소자의 사이즈가 점점 작아지고 있다. 따라서, 이러한 분야에서는, 좁은 렌즈 간격과 큰 NA를 갖는 마이크로렌즈 어레이의 필요성이 증가하고 있다.

이러한 마이크로렌즈의 분야에서는, 렌즈 표면 상에 입사된 광을 매우 효과적으로 사용할 수 있는 큰 집광 효율성을 갖는 구조가 필요하게 되었다.

또한, 이러한 필요성은 광 병렬 처리 동작 및 광 상호 접속과 같은 광 정보 처리의 루시 분야에도 존재한다. 또한, 전자 발광 패널(electroluminescent panel : EL panel)과 같은 활성 또는 자기 조사(self-radiating) 형태의 표시 장치가 연구되고 개발된 결과 고선명도 및 고휘도의 표시장치가 제안되었다. 이러한 표시 장치에서는, 작은 렌즈 사이즈 및 큰 NA 뿐만 아니라 큰 영역을 가지고 있으며 저가로 생산할 수 있는 마이크로렌즈 어레이가 요구된다.

현재에는, 마이크로렌즈를 제조하는 다수의 종래 기술이 존재한다.

이온 교환 방법을 이용한 종래의 마이크로렌즈 제조 방법(M.Oikawa, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 20(1) L51-54, 1981에 개시됨)에 있어서는, 이온 교환 방법을 사용함으로써, 다중 성분 유리 기판의 복수의 장소에서 굴절률이 상승한다. 따라서, 복수의 렌즈는 고굴절률 장소에 형성된다. 그러나, 이 방법에 있어서는, 렌즈들 간의 간격에 비해 렌즈의 직경이 클 수 없다. 따라서, 큰 NA를 갖는 렌즈를 설계하는 것이 어렵다. 또한, 그러한 마이크로렌즈 어레이를 생성하기 위해서는 이온 확산 장치와 같은 대규모의 제조 장치가 요구되므로, 넓은 영역 마이크로렌즈 어레이를 제조하기가 곤란하다. 또한, 몰드를 이용하는 몰딩 방법과는 대조적으로, 이온 교환 공정이 각각의 유리에 요구된다. 그러므로, 제조 장치에서 제조 조건의 관리가 조심스럽게 실행되지 않는 한, 초점 길이와 같은 렌즈의 품질 변화가 로트(lots)들 간에 증가하지 쉽다. 이 뿐 아니라, 이 방법을 이용하는 데는 몰드를 이용하는 방법에 비해서 단가가 상대적으로 높다.

또한, 이온 교환 방법에 있어서는, 유리 기판 상에서 이온 교환을 위한 알칼라인 이온이 유리 기판에 필요 불가결한 것이므로, 기판 재료는 알칼리 유리에 한정된다. 그러나, 알칼리 유리는, 알칼리 이온이 없어야만 하는 반도체-기판 소자에는 적절하지 않다. 더구나, 유리 기판의 열 팽창 계수는 광 조사 또는 수신 소자 기판의 열 팽창 계수와 상당히 차이가 생기므로, 소자들의 집적 밀도가 증가함에 따라 열 팽창 계수들 간의 불일치에 기인해 마이크로 렌즈 어레이와 소자들 간의 미스얼라인먼트가 발생하기 쉽다.

또한, 압축 스트레인은 이온 교환 방법에 의해 처리되는 유리 표면 상에 내재하고 있다. 따라서, 유리는 비틀림 경향이 있으므로, 마이크로렌즈 어레이의 크기가 증가함에 따라 유리 와 광 조사 또는 수신 소자간의 결합 또는 본딩이 곤란해진다.

레지스트 리플로우(또는 용해) 방법을 이용한 다른 종래의 마이크로렌즈 어레이 제조 방법(D.Daly, et al., Proc. Microlens Arrays Teddington., p23-34, 1991 참조)에 있어서는, 포토리소그래피 기술을 이용하여 기판 상에 형성된 수지를 원통형으로 패턴하고, 수지를 가열 및 리플로우하여 마이크로렌즈 어레이를 제조한다. 레지스트 리플로우 방법을 이용하여 다양한 형태의 렌즈를 낮은 단가로 제조할 수 있다. 또한, 이 방법은 이온 교환 방법과는 대조적으로, 열 팽창 계수, 비틀림(wrap)등의 문제를 갖고 있지 않다.

그러나, 레지스트 리플로우 방법에 있어서, 마이크로렌즈의 프로파일은 수지의 두께, 기판과 수지간의 습식(wetting) 조건, 및 열 온도에 크게 의존한다. 그러므로, 단일 기판 표면 당 재생률이 높은 반면 로트들간의 편차가 발생하기 쉽다.

또한, 인접한 렌즈들이 리플로우에 기인해서 서로 접촉하게 되는 경우에는 표면 장력 때문에 원하는 렌즈 프로파일을 얻을 수 없다. 따라서, 인접한 렌즈들을 접촉시키고 렌즈들 간의 비사용 영역을 감소시키는 방식으로 높은 집광율을 성취하기가 어렵다. 또한, 20 또는 30 마이크론 내지 200 또는 300 마이크론의 렌즈 직경이 바람직한 경우, 피착된 수지의 두께는 리플로우에 의해 구형 표면을 얻을 수 있을 만큼 충분히 커야 한다. 그러나, (굴절률 및 광 투과율과 같은) 원하는 광 특성을 갖는 수지 재료를 균일하고 두껍게 피착하는 것이 어렵다. 따라서, 큰 곡률 및 상대적으로 큰 직경을 갖는 마이크로렌즈를 생성하는 것이 어렵다.

다른 종래 방법에서는, 마이크로렌즈의 원(original) 플레이트가 제조되고, 이 원 플레이트에 렌즈 재료가 피착된



다음, 피착된 렌즈 재료가 분리된다. 원 플레이트 또는 몰드는 전자 빔 리소그래피 방법(일본 특허 공개 제1(1989)-261601 참조), 또는 습식 에칭 방법(일본 특허 공개 제5(1993)-303009 참조)에 의해 제조된다. 이들 방법에서는, 마이크로렌즈를 몰딩해서 재생할 수 있고, 로트들 간의 변화가 발생하지 않으며, 마이크로렌즈를 낮은 단가로 제조할 수 있다. 또한, 이온 교환 방법과는 대조적으로, 열 팽창 계수의 차이에 따른 얼라인먼트 에러 및 비틀림(wrap)의 문제가 해결될 수 있다.

그러나, 이온 빔 리소그래피 방법에 있어서는, 이온 빔 리소그래피 장치가 고가이므로 큰 투자가 필요하다. 또한, 전자 빔 총격 영역이 제한되므로, 100cm(100-cm제급) 이상의 큰 영역을 갖는 몰드를 제조하기가 곤란하다.

또한, 습식 에칭 방법에서, 화학 반응을 이용한 등방성 에칭이 원칙적으로 사용되므로, 금속 플레이트의 조성 및 결정 구조가 아주 조금 변해도 금속 플레이트를 원하는 프로파일로 에칭할 수 없다. 또한, 원하는 형태를 얻은 직후 플레이트를 세정하지 않으면, 에칭이 계속될 것이다. 미세 마이크로렌즈를 형성하는 경우, 원하는 프로파일이 얻어지는 시간으로부터 마이크로렌즈가 얻어지는 시간까지의 기간 동안 지속되는 에칭에 기인해서 원하는 것로부터 이탈된 형태가 나타날 수 있다.

또한, 전기도금 기술(일본 특허 공개 제6(1994)-27302 참조)을 이용한 몰드 제조 방법이 있다. 이 방법에서는, 한 표면 상에 형성된 도전층을 갖는 절연막 및 개구가 사용되고, 도전층을 음극으로서 이용하여 전기도금이 수행되고, 렌즈용 마더(mother) 몰드로서의 역할을 하는 돌출부는 절연막의 한 표면 상에 형성된다. 이러한 방법에 의해 몰드를 제조하는 공정은 간단하고, 단가도 감소된다. 이 방법과 유사한 방법이 일본 특허 공개 제8(1996)-258051, 및 일본 공개 공보 제64(1989)-10169에 개시되어 있다.

전기도금 기술에 의해 도금층이 개구에 형성될 때 발생하는 문제가 도 1a 내지 도 1d, 및 도 2를 참조하여 설명된다. 도 1a 내지 도 1d는 직경  $\phi$  및 전기 도전체(201)의 음극을 갖는 개구(203)를 구비한 절연체(202) 상에 전기도금이 수행될 때의 전기도금 성장 단계를 도시한다. 도 2는 도 1d의 몰드의 단면도를 나타낸다.

전기도금 성장 공정 동안, 도금층(204)이 성장함에 따라(도 1b 및 도 1c), 개구(203)내의 도금층(204)의 평탄부(210)가 점차적으로 감소되고, 도금층(204)의 표면이 최소 곡률을 갖게 된다(도 1d). 그 다음, 도금층(204)이 성장할수록, 도금층(204)의 하부 직경  $\psi$ 가 증가한다. 따라서, 곡률 반경이 이에 따라 증가한다.

도 1b 및 도 1c에 도시된 바와 같이 도금층(204)이 평탄부를 갖는 경우, 평탄부에 대응하는 렌즈부에서 화상 형성이 이루어질 수 없으므로, 도시된 구조는 렌즈용 몰드로서 사용될 수 없다. 이러한 방법에 따라, 개구(203)의 직경  $\phi$ 가 증가할수록, 렌즈 몰드의 광학축 부근의 곡률 반경이 증가한다. 렌즈 몰드를 제조하는 경우, 개구의 직경  $\phi$ 가 클때, 도금층(204)의 곡률 반경은 감소될 수 없다. 따라서, 원하는 곡률 반경 R을 갖는 렌즈 몰드를 제조하는 것이 어렵다.

또한, 도금층의 프로파일이 도 2에 도시된 반구형으로부터 이탈되는 경우, 도금층 측면의 곡률 반경 S가 광학축 부근의 렌즈부의 곡률 반경 R과는 다르고, 곡률 중심 C 및 C'의 위치가 서로 다르다. 따라서, 측면의 곡률 중심 C가 광학축 상에 있지 않다. 그 결과, 이러한 몰드를 이용하여 제조된 마이크로렌즈의 측면이 사용될 수 없으므로, 렌즈는 불가피하게 작은 NA를 갖게 된다.

또한, 종래의 렌즈 제조 기술로 수백 마이크로 이하의 직경(특히, 약 300 마이크로 이하의 직경) 및 최상의 구형부 분야에서 200 $\mu$ m 미만의 곡률 반경을 갖는 마이크로렌즈를 정확하게 형성하는 것이 어렵다는 것은 자명하다.

### 발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 마이크로렌즈를 제조하는 제조 방법(전형적으로, 반구형 렌즈, 플라이아이 렌즈(flyeye lens), 및 수정체 렌즈와 같은 마이크로렌즈), 마이크로렌즈를 형성하기 위한 몰드의 제조 방법, 및 몰드를 이용한 마이크로렌즈의 제조 방법 등을 융통성 있고, 용이하고, 안정되게 제공하는 것을 그 목적으로 한다. 특히, 사이즈를 감소시키는 것이 용이하고, 상대적으로 적은 비용으로 높은 제어도로 용이하게 제조할 수 있으며, 원하는 곡률 또는 큰 NA를 갖는 마이크로렌즈용 몰드 또는 마이크로렌즈 어레이를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

본 발명은 일반적으로 도전성 기판, 또는 전극층을 갖는 기판, 또는 적어도 일부분이 각각 도전성이거나 절연성인 절연/도전성 기판과 같이 적어도 일부분이 도전성인 기판, 이 기판에 형성되며 개구 또는 복수의 개구(개구는 전형적으로 원형 또는 슬릿형임)를 포함하는 절연 마스크층, 및 개구내에 그리고 마스크층 상에 전기도금된 도금층을 구비하는 마이크로렌즈용 몰드에 관한 것이다. 여기서, (R)은 개구 바로 위에 있는 도금층의 곡률 반경을 나타내고, 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $\phi \leq 0.35R$ 의 관계를 갖는 것을 (a)라 하고, 개구의 직경 또는 폭이  $\phi \leq 10\mu$ m인 것을

(b)라 할 때, (a) 및 (b)중 적어도 하나가 만족된다.

개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $10\mu\text{m}$  이상인 경우,  $\phi \leq 0.35R$ 의 관계가 특히 중요하다.

특히, 다음의 구조는 상술된 기반 구조에 기초하여 적용될 수 있다.

복수의 도금층이 개구내에 그리고 그 주위에 각각 형성되어 있고, 도금층들중 인접한 도금층들이 연속적으로 형성된다. 기판은 실리콘, 유리, 수정, 또는 폴리머 물질로 이루어진다. 또한, 마스크층은 포토레지스트층으로 형성될 수 있다.

또한, 본 발명은 일반적으로 다음의 단계를 포함하는 마이크로렌즈용 몰드의 제조 방법에 관한 것으로, 이 방법은 상술된 기판을 준비하는 단계;

상기 기판의 도전부 상에 절연 마스크층을 형성하는 단계;

상기 마스크층 내에 개구를 형성하여 이 개구 내의 상기 기판의 도전부를 노출시키는 단계; 및

상기 개구내에 그리고 상기 마스크층상에 도금층을 피착하기 위해 상기 기판의 도전부를 음극으로서 이용하여 전기도금을 수행하는 단계를 포함한다. 이 기판이 전극층을 갖는 경우는 전기도금 중에 사용되나, 그렇지 않은 경우는 도전성 기판 또는 절연 기판의 도전면이 사용된다.

전기도금이 제1 조건 또는 제2 조건 중 적어도 하나를 만족하여 수행된다. 제1 조건은, 도전층이 전기도금의 초기에 형성된 평탄부를 가지며, 이때 도금층의 하부 직경 또는 폭( $\phi$ )은 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )과 일치하고, 개구 바로 위의 도금층의 곡률 반경( $R$ ) 및 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )은  $\phi \leq 0.35R$ 의 관계를 만족하는 것이다. 제2 조건은, 오목 프로파일을 갖는 도금층이 전기도금 초기에 형성된다는 것이다.

개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $10\mu\text{m}$  이상일 때,  $\phi \leq 0.35R$ 의 관계가 특히 중요하다.

제2 조건을 만족하기 위해서는, 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $10\mu\text{m}$  미만이라는 것이 특히 중요하다.

### 발명의 구성 및 작용

본 발명에 따른 마이크로렌즈를 형성하기 위한 다양한 특징 및 그 제조 방법이 설명된다.

복수의 도금층이 개구 내부 및 그 주위에 각각 도금될 수 있고, 도금층들의 인접한 도금층이 전기도금 단계에서 연속적으로 형성될 수 있다. 플라이아이 렌즈 등이 이러한 방법을 이용함으로써 형성될 수 있다.

전기도금이 수행되는 동안 전기도금 단계에서 전기도금조가 기판 상으로 흐르지 않는 것이 바람직하다. 이에 대한 이유는 다음에 설명한다.

전기도금은 전기도금 단계에서 니켈 전기도금, 구리 전기도금, 및 크롬 전기도금 중 하나일 수 있다.

도금층을 구비한 기판 상에 몰드를 형성하는 단계 및 이 기판으로부터 몰드를 분리하는 단계가 상술된 몰드의 역 프로파일을 갖는 마이크로렌즈 몰드의 제조 단계에 추가될 수 있다.

도금층을 형성하는 단계 이후에 기판 상에 희생층을 형성하는 단계가 또한 추가될 수 있다. 이러한 경우, 희생층이 제거되어, 몰드 분리 단계에서 기판으로부터 몰드가 분리된다. 희생층을 형성하는 공정이 도 11a 내지 도 11e를 참조하여 설명된다. 희생층(37)이 도 11a에 도시된 전기도금에 의해 제조된 몰드 마스타(31~35) 상에 형성된다. 다음에는, 전기도금용 몰드 전극(38)이 도 11b에 도시된 바와 같이 형성된다. 전기도금은 도 11c에 도시된 바와 같이 몰드(39)를 형성하기 위해 금속 이온을 함유하는 전기도금 용액에서 몰드 전극(38)을 음극으로서 사용하여 수행된다. 그 다음, 희생층(37)이 에칭되고 제거되어, 도 11e에 도시된 바와 같이, 몰드 전극(38)을 갖는 몰드(39)이 도금층(35)을 갖고 있는 기판(31)으로부터 분리될 수 있다.

이 공정에서는 몰드 전극(38)이 제거된다. 그러나, 몰딩으로 마이크로렌즈를 형성하는 공정 동안, 렌즈 표면이 몰드 전극(38)에 의해 오염되거나, 몰드 전극(38)이 작은 항복 스트레스(yield stress)에 의해 손상될 가능성이 없는 경우, 몰드 전극(38)을 제거할 필요는 없다. 도 11a 내지 도 11e의 제조 공정에서, 희생층(37)이 도금층 및 마스크층(33) 상에 형성되어 있는 것으로 도시되어 있을지라도, 별개의 희생층(37)을 형성하지 않고서도, 전극(32)을 희생층으로서 사용할 수 있다.

또한, 도 11c의 전기도금 단계 및 도 11d의 몰드 분리 단계 사이에서, 전극층(32)이 에칭되어 제거될 수 있고, 도금층(35)도 에칭되어 제거될 수 있다. 따라서, 도 11e에서의 몰드(39)가 형성될 수 있다. 본 방법에 따르면, 평탄한 전극층(32)(복잡한 희생층(37)이 아님)만을 제거할 필요가 있으므로, 제조 시간이 짧아질 수 있다.

또한, 기판 및 도금층을 순차적으로 제거하여, 몰드 분리 단계에서 기판으로부터 몰드를 분리시킨다. 또한, 몰드 분리 단계에서 몰드는 기판으로부터 기계적으로 분리할 수 있다.

몰드 형성 단계에서, 몰드는 전기도금에 의해 형성될 수 있고, 도금층을 갖는 기판 상에 몰드 재료를 코팅함으로써 형성될 수 있다.

전기도금 단계에서, 도금층의 사이즈 및 프로파일은 전기도금 시간 및 전기도금 온도를 제어함으로써 제어될 수 있다.

마스크 층에는 복수의 개구부가 형성될 수도 있고, 이 복수의 개구부에 각각 대응하는 도금층들이 각각 연속해서 형성될 수 있도록 전기도금 시간과 온도를 제어할 수 있다. 상기 몰드는 플라이아이 렌즈(flyeye lens), 렌티큘러 렌즈 등의 몰드로 사용될 수 있다.

상기 분리 방법으로 기판으로부터 몰드를 기계적으로 분리할 수는 있지만 몰드의 면적이 큰 경우에는 변형을 일으키기 쉽다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 상술한 바와 같이 기판과, 마스크, 도금층을 순차적으로 에칭하는 방법을 채택할 수 있다. 더욱이, 도금층에 의해 기판 상에 희생층이 형성된 후 몰드가 형성되는 경우, 이 희생층의 재료는 희생층을 에칭시키기 위한 에천트에 의해 부식되지 않도록 선택되어야 한다. 도금층이나 기판 모두가 희생층을 에칭시키기 위한 에천트에 의해 부식될 수 있는 경우, 도금층을 갖고 있는 기판은 마스터 몰드(master for mold)로서 여러번 채택될 수 있다. 이러한 경우에, 최초 몰드가 여러번 사용된 후 오염되거나 손상되는 경우에만 제2 몰드가 동일한 방법에 의해 제조될 필요가 있다.

도금층을 갖고 있는 기판에 코팅되고 이 기판으로부터 분리될 수 있는 재료라면, 수지, 금속 및 절연체 등의 재료가 마이크로 렌즈 몰드의 재료로서 이용될 수 있다. 몰드의 간단한 제조 방법으로는 금속, 용융 유리(fused glass) 또는 유리-용해액(glass-dissolved solution)이 기판상에 도금층으로 코팅되는 방법이 있으며, 이 재료는 경화된 후에 상기 분리법에 의해 분리된다. 이 경우에 기판 및 도금층을 열적으로 손상시키지도 않고 합금화시키지도 않는 금속 재료가 선택된다.

본 발명은 수지와 같은 렌즈 재료가 마이크로렌즈 몰드내에 코팅되고 상기 몰드로부터 렌즈 재료를 분리시킴으로써 마이크로 렌즈가 형성되는 상기 몰드를 이용하는 마이크로렌즈 몰드 제조 방법에 관한 것이다.

굴절률이 상이한 또 다른 렌즈 재료가 상기 분리 렌즈 재료에 코팅되고 경화되어 마이크로렌즈를 형성한다.

상기 방법에 의해 제조되는 몰드를 이용함으로써 마이크로렌즈를 형성할 수 있다. 따라서, 동일한 프로파일을 갖는 마이크로렌즈 또는 마이크로렌즈 어레이를 비교적 저렴한 비용으로 용이하게 형성할 수 있다. 마이크로렌즈의 재료로는 마이크로렌즈 몰드로부터 용이하게 분리할 수 있는 재료를 이용할 수 있다.

한편, 금속, 반도체(실리콘 웨이퍼 등), 및 절연체(유리, 수정, 폴리머 등) 등의 어떠한 재료도 기판 재료로서 사용될 수 있다. 금속 재료가 기판으로 사용되는 경우에는 전극층을 형성할 필요가 없다. 또한, 반도체가 사용되는 경우, 전기도금이 가능할 정도로 이 반도체가 충분한 도전율을 갖는다면 전극층을 형성할 필요가 없다. 그러나, 금속 또는 반도체가 기판으로 사용되는 경우에는 전체 기판이 도금액(electroplating liquid)에 담겨지기 때문에, 도금층은 미세 구조 형성부(microstructure forming portion) 이외의 부분에 형성될 것이다. 그러므로, 도금층이 선택정부에만 형성되는 것이 바람직한 경우에는 절연체가 기판으로 사용되는 것이 바람직하다. 이와 달리, 그 표면이 부분적으로 절연되는 금속 또는 반도체가 사용될 수도 있다.

기판이 몰드로 사용되기 때문에 기판은 약간의 기복(waviness)과 낮은 표면 거칠기(low surface roughness)를 갖는 기판으로 이루어지는 것이 바람직하다. 도금층의 내부 스트레스(inner stress) 또는 열적 스트레스로 인한 기판의 뒤틀림(warping)의 가능성이 있기 때문에 기판으로는 우수한 평탄도(flatness)를 갖는 금속판, 유리 기판, 실리콘 웨이퍼 등이 사용되는 것이 바람직할 수 있다.

전극층의 재료로는 전극층이 전기도금액에 노출되기 때문에 사용중인 도금액에는 부식되지 않는 재료 중에서 선택된다. 마스크층은 전기도금액에 대해서도 내식성(anticorrosive)이 있는 유기 또는 무기 절연재료를 형성될 수도 있다.

두꺼운 전극층 또는 두꺼운 마스크층이 기판 상에 형성되는 경우, 그 표면 거칠기는 구체적인 형성 방법에 따라 증가할 수 있다. 따라서, 진공 증착법, 스프인 코팅법, 침지법(dip method) 등의 박막 형성 방법이 전극층과 마스크층



을 형성하기 위한 방법으로서 사용된다.

이러한 경우에 있어서의 마스크층 내의 개구를 형성하는 처리에 대해 설명한다. 미세하거나 좁은 개구(minute or narrow opening)를 제공할 수 있는 포토리소그래피 및 에칭에 의해 마스크층에 개구가 형성된다. 마스크 층이 형성된 후 포토레지스트의 개구 패턴이 포토리소그래피에 의해 마스크층 상에 형성된다. 마스크로서 포토레지스트를 사용하여 마스크층에 개구 패턴이 형성된다. 이어서 포토레지스트가 제거되어 마스크 층 내에 원하는 개구가 형성된다. 포토레지스트가 마스크층의 재료로 사용될 수도 있다. 포토레지스트가 사용되는 경우에는 마스크층 재료를 에칭하는 단계는 생략할 수 있다. 따라서, 포토레지스트의 마스크층이 바람직하다.

전기도금이 행해지는 경우에는 전기도금조(electroplating bath)의 온도가 전기도금 단계 동안 상승하는 경우 발생될 수도 있는 도금층의 내부 스트레스 또는 열 스트레스로 인해 기판이 뒤틀릴 가능성이 있다. 수지 및 금속 또는 유기 재료의 영률 또는 항복 스트레스(Young's moduli or yield) 간에는 4 차수 이상의 크기차(four orders of magnitude)가 존재한다. 따라서, 수지로된 마스크층이 거의 동일한 두께로 도전층 또는 도금층으로 형성되는 경우에는 몰드가 뒤틀리기 쉽다. 또한, 수지가 사용되는 경우에는 스트레스에 대한 문제 외에 수지가 팽창(swell)되는 문제가 있다. 더욱이, 수지로된 마스크층이 사용되는 경우에는 도전성 기판 또는 전극층을 갖는 기판과 비교해서 얇은 마스크층을 형성하는 것이 바람직하다.

전기화학적 반응에 의해 야기된 전기도금조 내의 금속 이온의 피착에 의해 도금층이 형성된다. 전기도금층의 두께는 전기도금 시간과 온도를 조절함으로써 용이하게 제어될 수 있다. 예를 들어 다음의 재료가 전기도금 금속으로 사용될 수 있다. Ni, Au, Pt, Cr, Cu, Ag, Zn 등의 하나의 금속이 채택될 수 있다. Cu-Zn, Sn-Co, Ni-Fe, Ni-W, Zn-Ni 등의 합금이 사용될 수 있다. 전기도금이 가능한 한 어떠한 재료도 사용할 수 있다. Ni, Cr 및 Cu 금속은 선명한 전기도금(bright electroplating)을 용이하게 얻을 수 있도록 해주기 때문에 마이크로렌즈 몰드에 대한 전기도금 재료로서 특히 바람직하다.

또한, 전기도금에 의한 미세 구조를 형성하는 경우에는  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ , PTFE 등의 분산입자(dispersion particles)가 전기도금조에 첨가되는 분산 전기도금(dispersion electroplating)이 사용될 수 있다. 몰드의 기계적 강도와 내식성(corrosion resistivity)은 분산 입자에 의해 개선될 수 있다.

이러한 이점은 도면을 참조한 다음의 바람직한 실시예의 상세한 설명으로부터 용이하게 이해할 수 있을 것이다.

마이크로렌즈의 몰드 제조 방법에 대한 제1 실시예를 도 3a 내지 도 3e와 도 4 내지 도 7을 참조하여 설명한다. 제1 실시예의 방법에 있어서, 초기 전기도금 성장 단계 동안 개구부에서 전기도금이 수행되는 경우에 도금층은 평탄부를 갖는다. 도 4는 제1 실시예에 사용되고 있는 전기도금 장치를 예시하고 있다. 도 3a 내지 도 3e와 도 4에 있어서, 참조부호 1은 기판을 나타내고, 참조 부호 2는 전극층, 참조부호 3은 마스크층, 참조부호 4는 개구, 참조부호 5는 도금층, 참조부호 21은 베이스(base), 참조부호 22는 애노드 판, 참조부호 23은 금속 이온을 함유하고 있는 전기도금조, 참조부호 24는 외부 전원을 나타낸다.

도 3a의 예시 단계에 사용되고 있는 기판의 구조를 설명한다. 기판(1)상에 전극층(2)이 형성되고, 마스크층(3)이 그위에 형성된다. 기판(1)은 도전성 기판 재료(electrically-conductive substrate material)로 이루어지므로, 전극층(2)을 형성할 필요는 없다.

이어서, 마스크층(3)에 개구부(4)가 형성된다. 여기서, 개구(4)는 원형이다. 베이스(21)로 기능하는 개구(4)를 구비한 기판(1)을 도 4에 도시된 전기도금 장치의 금속 이온을 함유한 전기도금조(23)에 담근다. 베이스(21) 및 양극판(22)은 전원(24)에 접속되어, 전기도금조(23)를 통해 전류가 흐르게 되며 개구(4)에 도금층(5)이 형성된다. 따라서, 도금층(5)은 도 3b에 도시된 바와 같이 개구(4)에 초기에 형성된다. 여기서, 전기도금 처리 동안에 개구(4) 주변에는 전기도금 용액(23)이 흐르지 않게 된다. 도금층(5)이 미세 개구(4)에서 성장될 때 전기도금 용액이 개구(4) 주변에 흐르면, 하류측에서의 전기도금 성장률이 상류측에서보다 커지므로, 도금층(5)이 개구(4)의 중앙에 대해 비대칭적으로 성장된다. 그러한 비대칭적인 도금층을 포함하는 구조는 마이크로렌즈 몰드로서 사용될 수 없다.

전기도금 용액(23)이 흐르는 것을 방지하는 방법으로서, 전기도금중에 전기도금 용액을 교반시키지 않는 방법이 있다. 다른 방법으로는, 전기도금 용액을 확산시키지만 그 흐름은 방지하는 메시(mesh)를 기판 주변에 설치하는 것이다. 특히, 비교반(non-stirring) 방식은 간단하고 편리하다. 제1 실시예에서는 이러한 비교반 방식이 사용되었다.

전기도금 성장을 개시할 때, 즉, 도금층(5)의 하부 직경  $\psi$ 가 개구 직경  $\phi$ 와 동일하고 마스크층(3) 상에 도금층이 성장되지 않은 동안에는, 도금층(5)은 개구(4)에만 피착된다. 이 때, 도금층(5)은 오목한 면이 아닌 평탄부를 갖도록 하는 방식으로 피착된다. 즉, 인가 전압과 같은 조건들이 조정되어 상기의 상태를 달성한다.

통상, 전기도금중에 전류 밀도는 전극의 측부에서 비교적 크기 때문에, 음극이 도 3a에 도시된 형태(도전성 전극

층(2)의 노출된 부분)를 가질 경우 개구(4)의 에지면에서 강하게 전기도금되는 경향이 있다. 그러므로, 도금층이 전기도금 초기에는 오목한 면을 가질 가능성이 있다. 그러한 오목면을 갖는 도금층에는, 전기도금 성장이 계속되더라도 광축주변(개구(4)상의 우측부)에 오목면이 남게 된다. 도금층이 대략 반구형을 가질때까지 아주 오랜 기간 동안 전기도금 성장이 계속될 필요가 있다. 그러한 경우, 광축 주변에서 소망의 곡률 반경을 갖는 마이크로렌즈 물드를 제조할 수 없다는 것이 증명되었다. 앞에서 증명된 바와 같이, 개구(4)에 형성된 도금층(5)은 전기도금에 의한 양호한 마이크로렌즈 물드를 제조하기 위해서는 평탄부를 포함하는 볼록한 형태를 가질 필요가 있다.

전기도금이 계속됨에 따라, 도금층(5)은 도 3c에 도시된 바와 같은 마스크 층(3)으로 연장되며 평탄부는 전기도금 초기보다 작아지게 된다. 전기도금 성장이 더 계속되면, 평탄부가 사라진다. 따라서, 도 3d 및 3e에 도시된 바와 같이, 광축 상의 물드부, 즉, 개구(4)의 직상부에 만곡부가 생긴다. 따라서, 대략 반구 형태를 갖는 도금층(5)이 형성된다. 금속 이온을 함유한 전기도금 용액 내의 개구(4)에서 전기도금이 수행되면, 전기도금 용액(23) 내의 금속 이온은 도금층(5)쪽으로 이동되어, 성장 방향이 대칭되는 전기도금 피착이 진행된다.

상술된 방식에 따라 제조되는 마이크로렌즈용 물드의 경우, 전기도금조 및 전기도금 조건과 같은 파라미터를 사용하여 실험이 수행되어, 광축 상에 소망의 곡률 반경 R을 갖는 마이크로렌즈 물드를 얻을 수 있다. 초기 전기도금 성장( $\psi = \psi$ ) 동안 평탄부를 갖는 도금층(5)이 형성되고 전기도금이 계속될 때( $\psi > \psi$ )(여기서,  $\psi$ 는 도금층(5)의 하부면 직경이며,  $\psi$ 는 개구(4)의 직경임), 소망의 R을 얻기 위해서는, 개구(4)의 직경  $\psi$ 은 다음의 조건을 만족해야 한다는 것을 발견하였다.

$$\psi \leq 0.35R \cdots (1)$$

즉, 개구(5)가 소정의 직경  $\psi$ 을 갖는 경우, 전기도금에 의해 성장된 도금층(5)은 최소 곡률 반경  $R_{\min}$ 을 갖는다. 따라서, 소정의 곡률 반경 R을 갖는 마이크로렌즈 물드를 얻기 위해서는 조건(1)을 만족시키는 직경을 갖는 개구(4)가 형성될 필요가 있다.

따라서, 본 발명에서, 개구 직경 또는 폭과 최소 곡률 반경 사이의 관계를 나타내는 수학식 1이 성립되었다. 상기 조건에 속하지 않는 개구 직경 또는 폭  $\psi$ 의 경우에는, 본 발명이 전기도금조 및 전기도금 조건에 관계없이 소망의 곡률 반경을 갖는 도금층을 쉽게 얻을 수 없다.

도 5를 참조하여, 조건(1)에서의 최소 곡률 반경을 설명하기로 한다. 곡률 반경은 다음의 방식으로 결정된다.

복수의 개구를 갖는 마스크 층은 기판 상에 형성되며, 도 4에 도시된 바와 같은 전기도금 장치에서와 같이 기판을 음극으로서 사용하여 전기도금이 수행된다. 그렇게 형성된 도금층내의 개구의 직상부에 있는 표면 프로파일을 측정해보니, 곡률 반경이 감소되었다. 도 3e에 도시된 도금층(5)의 하부 직경  $\psi$ 의 절반은, 전기도금 성장 시간과 곡률 반경 사이의 관계가 바람직한 경우 전기도금 성장 시간을 나타내는 파라미터로서 사용된다. 도 3b 및 3c에 도시된 바와 같이, 전기도금 성장 기간에 개구(4)의 직상부의 도금층(5)의 일부분 상에 평탄부가 존재하므로, 만곡부가 존재하지 않는다(이러한 기간은 도 5에서 평탄부로 표시됨). 전기도금 성장이 진행됨에 따라, 평탄부가 사라지고 도금층(5)은 곡률 반경을 갖게 된다. 전기도금이 계속됨에 따라, 도금층(5)의 곡률 반경이 감소되며 도 5에 도시된 바와 같이 최소 곡률 반경 R을 얻는다. 그 후, 전기도금 성장이 진행됨에 따라, 도금층(5)의 사이즈가 커지게 된다. 따라서, 도금층(5)의 곡률 반경이 점차 증가된다. 최소 곡률 반경 R은 개구(4)의 직경에 좌우된다. 개구(4)의 직경이 증가됨에 따라 최소 곡률 반경 R이 증가된다. 따라서, 개구(4)의 소정 직경에서 도금층(5)이 최소의 곡률 반경 R을 갖는다.

도 5에 도시된 바와 같은 관계를 성립시킬 수 있는 조건을 알아내기 위한 실험이, Ni 전기도금 및 Cu 전기도금을 사용하여 수행되었다. 광택 전기도금을 충분히 달성할 수 있는 전기도금조로서, Ni 전기도금에 와트조(Watte bath)가 사용된다. Cu 전기도금에는 구리 황산염 전기도금의 전기도금조가 사용된다. 와트조의 조성물은 광택제(brightener)가 첨가된 수용액이다. 이러한 수용액은, 리터당 각각의 중량비가 270 : 40 : 40인 니켈 황산염 hexahydrate, 니켈 클로라이드 hexahydrate 및 붕산의 화합물로 이루어진다. 전기도금조의 온도는 55 °C로 설정되며, 일정 전압(인가 전압은 1V임) 하에서 Ni 전기도금이 수행된다.

Cu 전기도금시에, 전기도금조의 조성물은 0.04 ml/l의 농도로 염화수소산(hydrochloric acid)이 첨가된 수용액이다. 이러한 수용액은 리터당 각각의 중량비가 200 : 50인 구리 황산염 펜타하이드레이트 및 황산으로 이루어진다. 전기도금조의 온도는 55 °C로 설정되며, 광택 조건(광택 Cu 층을 형성하는 조건)으로서 일정 전압(인가 전압은 0.3 V임) 하에서 Cu 전기도금이 수행된다.

다른 Ni 전기도금조로서, 황산조가 사용되며, 와트조와 동일한 조건 하에서 전기도금이 수행된다. 여기에서는, 시장에서 구입할 수 있는 전기도금조가 사용된다(제품명: Microfab Ni100-Nippon Electroplating Engineers Com.).

여기서, 전압은 전기도금 초기에 개구(4) 내의 도금층(5)이 오목하지 않은 평탄부를 가지며 광택 전기도금이 수행

될 수 있다는 조건을 만족시킨다. 등축점의(confocal) 스캐닝 레이저 현미경(샘플은 대물 렌즈축으로 이동되며 이러한 이동중에 최대 휘도 위치가 측정된다)의 기능들 중 하나인 표면 형태 측정 기능에 의해 표면 형상이 측정된다. 측정 범위는 개구 직경의 길이와 동일하다.

전기도금의 경로와 무관하게 동일한 기판(1)이 사용된다. 이러한 기판은 다음과 같이 설명된다. 실리콘 웨이퍼는 산화 가스를 사용하여 열적으로 산화되며, 그 웨이퍼의 반대측 표면 상에 두께가  $1\ \mu\text{m}$ 인 실리콘 이산화물 층이 형성된다. 이러한 웨이퍼는 도 3a-3e에 도시된 기판(1)과 같이 사용된다. Cr 및 Au는 박막 형성 방법 중 한 방법인 전자 빔 진공 증착법을 사용하여 상기 웨이퍼 상에 각각 10 nm 및 200 nm의 두께로 연속적으로 적층된다. 따라서, 전극층(2)이 형성된다. 그 후, 방향성 폴리이미드 산 용액이 스핀 코팅되고, 이러한 코팅이 열처리되어 폴리이미드로 된 마스크 층(3)이 형성된다.

또한, 포토리소그래피를 사용하여 포토레지스트의 코팅, 노광 및 현상이 종래 방식으로 수행되어 레지스트에 개구를 형성한다. 산소를 사용하는 반응성 이온 에칭법에 의해 레지스트 개구에 있는 마스크 층(3)이 에칭된다. 그 결과, 전극층(2)이 노출되어 개구(4)가 형성된다. 이후, 포토마스크는 제거된다.

이렇게 형성된 개구는 원형을 갖는다. 직경  $10\ \mu\text{m}$  미만의 직경을 갖는 개구에 전기도금의 초기에 형성된 도금층은 평탄한 부분을 갖을 수 없기 때문에  $20\ \mu\text{m}$ ,  $40\ \mu\text{m}$ , 및  $80\ \mu\text{m}$ 의 개구 직경에 대한 측정이 이루어졌다. 개구 직경  $\phi$ 는  $10\ \mu\text{m}$  이상이 되어야만 전기도금의 초기에 형성된 도금층(5)이 평탄한 부분이 형성된다는 것이 발견되었다.

도 6은 와트조를 이용하는 Ni 전기도금으로 얻은 개구 직경  $20\ \mu\text{m}$ 와  $80\ \mu\text{m}$ 에 관한 결과를 보여주고 있다. 서로 다른 바닥 직경  $\psi$ 를 갖는 도금층(5)들을 각각 전기도금 시간을 변화시켜서 동일 직경의 개구들을 갖고 있는 마스크층(3)에 형성하였다. 광축상의 개구(4) 바로 위의 도금층(5)들의 곡률 반경을 측정한 결과, 최소곡률 반경  $R_{\min}$

$R_{\min}$ 은 개구 직경이  $80\ \mu\text{m}$ 이었을 때 약  $190\ \mu\text{m}$ 이었고, 개구 직경이  $20\ \mu\text{m}$ 이었을 때 약  $50\ \mu\text{m}$  이었다.

도 7은 상기 방법에 따른 Ni 및 Cu 전기도금에 의해 얻은 최소 곡률 반경  $R_{\min}$ 과 개구 직경  $\phi$ 간의 관계를 보여주고 있다.  $20\ \mu\text{m}$ ,  $40\ \mu\text{m}$  및  $80\ \mu\text{m}$ 의 개구 직경을 이용하여 얻은 결과는 Ni 전기도금의 경우에는 도 7에 원으로 표시되었고, Cu 전기도금의 경우에는 도 7에 삼각형으로 도시한 한편, 황산조의 경우  $20\ \mu\text{m}$ 의 개구 직경을 이용하여 얻은 결과는 도 7에 십자로 표시되어 있다. 전기도금조가 달랐을 지라도 최소 곡률 반경  $R_{\min}$

$R_{\min}$ 에서 큰 차이를 발견할 수 없었다. 이 결과로부터, 개구 직경  $\phi$ 가 전기도금조의 종류에 관계없이 소정값으로 설정할 때 ( $\phi=0.35R_{\min}$ 을 나타내는) 도 7의 점선위의 영역에 놓여있는 곡률 반경을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이는 원하는 곡률 반경  $R$ 을 얻기 위해서는 개구 직경  $\phi$ 가 관계(1)을 만족해야만 한다는 것을 의미한다.

이에 대한 비교로서,  $80\ \mu\text{m}$ 의 개구 직경의 경우에는, 도금층이 전기도금의 초기에 오목형상을 갖고 있다는 조건하에서 도금층이 니켈 (II) 황산염조에 의해 형성되었다. 도 6에 도시된  $\psi/2$ 가  $200\ \mu\text{m}$ 에 도달할 때까지 전기도금 성장이 계속될 때조차도 도금층의 오목 프로파일은 유지되었다. 이와 같이 형성된 구조는 도금층의 오목 프로파일 때문에 마이크로렌즈 몰드로서 이용될 수 없다.

상기 실험을 통해서, 개구의 피치와 수가 변할 지라도 최소 곡률 반경  $R_{\min}$ 에서는 차이가 없다는 것을 알게 되었다. 더구나, 곡률 반경과  $\psi/2$ 간의 관계의 결과는 전압 조건하의 전기도금의 초기에 흐르는 전류를 측정하여 측정된 전류량에 근거해서 전기도금을 정전류하에서 계속할 지라도 상기와 차이가 없었다.

따라서, 도금층이 전기도금 성장의 초기에 형성될 때, 도금층이 평탄한 부분을 가지고 있는 경우, 그의 광축상의 원하는 곡률 반경을 갖고 있는 도금층이 있는 기판으로 이루어진 마이크로렌즈 몰드는 조건(1)을 만족하게 하므로써 제조할 수 있다.

본 발명의 마이크로렌즈 몰드 제조에 있어서, 세정 단계가 실행될 때 까지의 과에칭 처리에 의해 발생하는 원치않는 프로파일 에라를 방지할 수 있다. 도금층의 피착은 애노드와 음극 사이를 흐르는 전류를 중단시키므로써 원하는 때에 종료할 수 있다. 그러므로, 전류 흐름은 원하는 프로파일이 얻어질 때 종료할 수 있다. 이는 세정 단계가 시작될 때 까지 에칭이 진행되어 프로파일 에라를 초래하는 에칭에 의한 몰드 형성 방법과는 대조적이다. 따라서, 제조의 제어성에 있어서 종래의 방법 보다 우수하다.

더욱이, 몰드를 전기도금으로 직접 형성할 수 있다. 그러므로, 고가의 장비가 필요없고 제조 단가가 낮으며 몰드의 사이즈를 쉽게 확대할 수 있다. 더구나, 도금층의 사이즈는 인 시튜(in-situ)로 제어할 수 있으며, 렌즈 직경등을 전기도금 시간 및 온도를 제어하므로써 용이하고 정밀하게 제어할 수 있다. 마스크층에 복수의 개구를 형성할 때, 마이크로렌즈 어레이용 몰드는 상기와 동일 방법으로 제조할 수 있다.

상기 몰드를 이용하는 마이크로렌즈 제조 공정이 이하 설명된다. 초기에, 마이크로렌즈용 몰드(몰드 마스터가 아님)로서 제조된 구조를 이용하는 예가 도 13a 내지 13c를 참조하여 설명된다. 도 13a 내지 13c에서, 참조 번호



(51)은 기판을 나타내고, 52는 전극층을 나타내며, 53은 마스크층을 나타내고, 54는 개구를 나타내며, 55은 도금층, 57은 유리층, 58은 큰 굴절률을 갖고 있는 수지, 59는 자외선 경화 수지를 나타낸다. 마이크로렌즈 몰드는 오목 형상을 갖고 있고, 도금층(55)은 도 13a에 도시된 바와 같이 연속해서 확장된다. 자외선 경화 수지(59)은 상기 방법에 의해 제조된 몰드위에 놓여 있다. 유리층(57)은 수지(59)상에 놓여 있고, 수지(59)은 유리(57)를 통해 자외선에 노출되어 수지(59)가 경화된다. 이후에, 유리(57) 및 수지(59)은 몰드로 부터 분리된다. 그 결과, 오목 마이크로렌즈가 얻어진다. 오목 마이크로렌즈는 도 13b에 도시된 바와 같이 유리(57)상의 도금층(55)의 역프로파일을 갖는 수지를 갖고 있다.

이후, 수지(58)은 오목 마이크로렌즈상에 코팅된후 경화되어 평탄화된다. 그 결과, 완전한 마이크로렌즈 구조가 도 13c에 도시된 바와 같이 얻어진다.

그러한 마이크로렌즈 제조 방법에 있어서, 알칼리 유리가 꼭 요구되는 것은 아니다. 마이크로렌즈용 및 지지 기판용으로 이용되는 재료에 대한 제한은 이온 교환 방법에 비교해서 낮다.

상기 오목 마이크로렌즈는, 종래의 서모플라스틱 수지를 이용하여 이 수지상에 가열된 몰드를 스탬프하는 방법, 서모세팅 수지를 몰드위에 놓은 다음 가열 경화하는 방법, 및 전자 빔 경화 수지를 몰드에 코팅하여 전자빔을 방사하여 수지를 경화시키는 방법과 같은 다른 방법으로도 제조할 수 있다.

마이크로렌즈용 마스터 몰드(몰드가 아님)로서 제조된 구조를 이용하는 예가 설명된다. 몰드를 전기도금하기 위한 전극은 마이크로렌즈용 몰드 마스터상에 형성되고, 전기도금 재료는 몰드를 전기도금하기 위한 전극에 전기도금되어 마이크로렌즈 몰드가 형성된다. 전기도금 재료는 몰드 마스터의 제조에 이용된 재료와는 다르다. 이후, 이 몰드는 몰드 마스터로 부터 분리되어 마이크로렌즈용 오목 몰드가 얻어진다(희생층을 이용하는 예를 보여주는 도 11a 내지 11e를 참조).

이 오목 몰드를 이용하는 마이크로렌즈 제조 공정의 한 예가 도 12a 내지 12c를 참조하여 설명된다. 자외선 경화 수지, 서모세팅 수지 또는 전자빔 경화 수지와 같은 수지(40)은 오목 몰드(39)에 코팅되고, 지지 기판(41)이 수지(40)에 라미네이트된 후, 수지(40)은 자외선, 열 또는 전자빔 방사에 의해 경화된다. 이후, 수지(40)과 기판(41)은 몰드(39)로 부터 분리되어 마이크로렌즈가 얻어진다. 또한 오목 마이크로렌즈는 서모플라스틱 수지상에 가열된 몰드를 스탬프하여 제조할 수도 있다.

마이크로렌즈용 몰드를 제조하는 공정에 대한 제2 예가 도 4, 8a-8d, 9 및 10을 참조하여 설명된다. 제2 예의 방법에 있어서, 도금층은 초기 전기도금 성장 단계 동안에 개구에 전기도금이 실행될 때 오목 부분을 갖고 있다. 도 6a-8d에 있어서, 참조번호 11은 기판을 나타내고, 12은 전극층, 13은 마스크층, 14은 개구, 15은 도금층을 나타낸다.

도 8a에 도시된 기판(11)의 구조가 설명된다. 전극층(12)이 기판(11) 상에 형성되고, 다음에 그 위에 마스크층(12)이 형성된다. 기판(11)이 도전성 재료로 구성되면, 전극층(12)을 형성할 필요가 없다.

다음에, 개구(14)가 마스크층(13) 상에 형성된다. 여기서, 개구(14)는 직경  $\phi$ 인 원형의 형태를 갖는다. 베이스(21)로서 작용하는 개구(14)를 구비한 기판(11)은 도 4에 도시된 전기도금 장치의 금속 이온을 포함하고 있는 전기도금조(23) 내에 침전된다. 베이스(21)와 양극판(22)이 전원(24)에 접속되어 도금조(23)를 통하는 전류 흐름을 발생시켜 개구(14) 내에 도금층(15)을 형성한다. 따라서, 블록 도금층(15)은 처음에 도 8b에 도시된 바와 같이 개구(14) 내에 형성된다. 여기서, 전기도금 처리 동안에 전기도금액(23)의 흐름은 개구(14) 근방에 발생하지 않는다. 그 이유 및 법이 제1 실시예에 설명되어 있다. 또한, 본 실시예에서는, 비교반 전기도금법(non-stirring electroplating method)이 사용된다.

전기도금이 진행됨에 따라, 도금층(15)은 도 8c에 도시된 바와 같이 마스크층(13)으로 연장되며, 전기도금 성장의 시작 시에 볼록한 프로파일을 반영하는 곡률을 갖는 도금층(15)이 형성된다. 전기도금 성장이 더 계속됨에 따라, 도금층(15)은 도 8d에 도시된 바와 같이 반구형 프로파일로 발전된다. 개구가 슬릿과 같은 형태를 가질 때 반구형 프로파일을 이룰 수 있다. 전기도금이 금속 이온을 포함하는 전기도금액 내의 미소 개구에서 수행되면, 금속 이온은 도금층을 향해 이동하므로, 전기도금의 피착은 그 성장 방향이 등방향으로 진행된다.

상기 논의된 제2 실시예에 따라 제조된 마이크로렌즈 몰드에서, 미소 반구형 프로파일을 갖는 몰드를 얻기 위해 전기도금조와 전기도금조건과 같은 파라미터에 대한 제어가 수행되었다. 평탄한 부분없이 초기 볼록 도금층(15)을 얻기위한 조건은 도금층이 전기도금 성장의 시작 시 ( $\psi=0$ 일 때)에 개구 내에 형성되었을 때 결정된다. 이러한 경우에 직경( $\phi$ )은 다음의 조건과 일치하여야 한다.

$\phi \leq 10 \mu\text{m} \dots (2) \psi=0$ 일 때, 도금층(15)의 볼록한 상부 상의 전기도금은 초기 도금층(15)을 볼록하게 함으로써 용이하게 이루어질 수 있다. 도금층(15)이 더 성장함에 따라, 도금층(15)은 급속하게 반구형 프로파일로 발전한다. 그 결과, 도금층(15)의 측포면 상의 곡률 반경과 그 광축 근방의 곡률 반경 사이에 차이가 없게 되므로, 상기 몰드



에 의해 제조될 마이크로렌즈의 측면부가 이용될 수 있다. 따라서, 큰 NA를 갖는 마이크로렌즈가 제공될 수 있다.  $\phi > 10 \mu\text{m}$ 일 때 반구형 프로파일이 얻어질 필요가 있으면, 제1 실시예에서 설명된 바와 같이 다음의 사항이 요구된다. 평탄부가 전기도금의 개시 시( $\psi = 0$ )에 형성되고, 대략 반구형의 프로파일이 평탄부가 사라진 후에 이루어질 수 있도록 도금층이 성장된다. 그 후에, 전기도금 성장이 더 계속될 필요가 있다. 그러므로, 제1 실시예의 방법에서, 몰드의 곡률 반경이 필연적으로 비교적 크게 된다. 따라서, 매우 미세한 (예를 들어,  $30 \mu\text{m}$  미만의) 곡률 반경을 갖는 마이크로렌즈는 얻기가 어렵다.

매우 미세한 곡률 반경을 갖는 마이크로렌즈는 제2 실시예의 상기 조건이 충족될 때 제공될 수 있다. 또한, 반구형 프로파일이 전기도금의 개시 시에 얻어질 수 있으므로, 비교적 큰 곡률 반경을 갖는 마이크로렌즈 몰드는 전기도금 성장을 더 계속함으로써 또한 이루어질 수 있다.

곡률 반경의 측정과 반구형 프로파일의 평가가 도 9를 참조로 설명될 것이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 복수의 개구를 갖는 마스크층이 기판 상에 형성되고, 베이스로서 기판을 사용하고 전기도금 장치를 사용하여 전기도금이 수행되며, 곡률 반경이 개구 바로 위의 상기와 같이 형성된 도금층의 프로파일을 측정함으로써 얻어진다. 보다 상세하게, 그 광축 근방의 마이크로렌즈의 곡률 반경은 그 표면 프로파일에 의해 결정되며, 도 9에서 곡률 반경(R)은 이와 같이 얻어진다. 표면 프로파일은 공초점 주파수 레이저 현미경의 기능 중 하나인 표면 형태 측정 기능에 의해 측정된다. 측정 범위는 개구 직경의 길이와 동일하다.

한편, 도금층(15)이 반구형 프로파일을 갖는다고 가정하면, 도 9에서 점선으로 표시된 가상 곡률 반경(r)은 도금층의 총 두께(H)와 하부 직경( $\psi$ )으로부터 계산된다. (이들 H 및  $\psi$ 는 측정됨) 이 반경(r)은 다음과 같이 계산된다.

$$r = (\psi \cdot \psi / 4 + H \cdot H) / 2 \cdot H \dots (3)$$
 도금층(15)의 측면의 곡률 반경이 광축 근방의 곡률 반경과 동일할 때, 곡률 반경(R)은 가상 곡률 반경(r)과 일치하므로 도금층(15)은 반구형 프로파일이라고 말할 수 있다. 반대로, 곡률 반경(R)이 이 가상 곡률 반경(r)과 일치할 때 도금층(15)은 반구형 프로파일을 갖는다고 말할 수 있다. 따라서, 렌즈의 사용 가능한 면적은 확장될 수 있다.

이러한 요구를 충족시키는 조건을 찾기 위한 실험이 Ni 도금과 Cu 도금을 사용하여 수행되었다. 비교적 손쉽게 밝은 전기도금을 이루는 전기도금조로서, 와트조(Watts bath)가 Ni 전기도금에 사용되었다. 구리 황산염 전기도금의 도금조는 Cu 전기도금에 사용되었다. 와트조의 조성은 표백제가 첨가된 수용액이었다. 이 수용액은 각각 270 : 40 : 40의 리터 당 중량비의 니켈(II), 황산염 헥사하이드레이트, 니켈(II) 클로라이드 헥사하이드레이트, 및 붕산으로 구성되었다. 전기도금조의 온도는  $55^\circ\text{C}$ 로 설정되었고, 일정한 전압 (인가된 전압은 1V임) 하에서 Ni 전기도금이 수행되었다.

Cu 전기도금에서, 도금조의 조성은 0.04 ml/l의 염화수소산이 첨가된 수용액이었다. 이 수용액은 200 : 50의 리터 당 중량비의 구리(II) 황산염 펜타하이드레이트 및 황산(sulfuric acid)으로 구성되었다. 전기도금조의 온도는  $55^\circ\text{C}$ 로 설정되었고, 도금층의 밝기 조건으로서 일정한 전압 (인가된 전압은 0.3V임) 하에서 Cu 전기도금이 수행되었다. 상기 전압은 초기 전기도금 단계( $\phi = \psi$ ) 및 밝은 전기도금에서 개구(14) 내에 불룩한 도금층(15)을 이루기 위한 전압이다.

동일한 기판(11)이 전기도금조의 종류에 관계없이 사용되었다. 이 기판이 설명될 것이다. 기판(11)의 구성은 개구(14)의 사이즈를 제외하고는 제1 실시예의 기판(1)과 동일하다.

여기서, 개구(14)는 원형의 형태를 갖는다.  $5 \mu\text{m}$  및  $10 \mu\text{m}$ 의 개구 직경을 사용하여 측정이 수행되었다. 비교를 위해, 동일한 측정이  $20 \mu\text{m}$ 의 개구 직경을 사용하여 수행되었다.

도 10은 상이한 직경을 갖는 도금층을 구비한 기판들이 각각 전기도금 시간을 변화시킴으로서 와트조와 Cu 전기도금조를 사용한 Ni 전기도금에서 얻어지는, 가상 곡률 반경과 광축 상의 개구(14) 바로 위의 도금층의 곡률 반경(R)의 측정 결과를 도시하고 있다. 도 10에서, 점선은  $R=r$ 을 나타내고 있으며, 흑색 원은 Cu 전기도금조 ( $\phi = 10 \mu\text{m}$ )를 나타내며, 블랭크 원은 와트조 ( $\phi = 10 \mu\text{m}$ )를 나타내고, 블랭크 사각형은 와트조 ( $\phi = 5 \mu\text{m}$ )를 나타낸다.  $10 \mu\text{m}$ 인 개구 직경( $\phi$ )의 경우로부터 알 수 있는 바와 같이, 이 경우에는 전기도금조에 관계없이  $r > 20 \mu\text{m}$ 의 범위에서  $r=R$ 이다. 개구 직경이  $5 \mu\text{m}$ 인 경우에, r만이 약  $4 \mu\text{m}$ 에 도달했을 때 초기 단계에서  $r=R$ 이다.

비교예로서, 전기도금 성장의 개시 시에 ( $\psi = 0$ ) 도금층이 평탄한 부분을 갖는  $20 \mu\text{m}$ 의 개구 직경을 사용하여 동일한 측정이 행해진다. 이러한 마이크로렌즈 몰드의 도금층에서,  $r=70 \mu\text{m}$ 일 때조차도 r은 R과 일치하지 않았다.

전압 조건의 비교 경우로서, 와트조(Watts bath)를 사용하여 3V의 전압 이하에서  $10 \mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 개구에 도금층이 형성되었다. 이 경우에, 도금층은 전기도금 성장의 초기( $\psi = 0$ )에 오목하였고, 이어지는 전기도금 동안 도금층의 하부 직경이  $55 \mu\text{m}$ 일 때조차도 오목 프로파일이 개구 상의 도금층에 남아 있었다.

$10 \mu\text{m}$ 의 개구 직경 및 상이한 마스크 물질을 사용하여 수행된 동일한 실험에 대한 결과가 논의된다. 방향성 폴리

아미드산 용액이 기판 상에 스펀코팅되었고 폴리이미드의 마스크층(13)이 열처리로 형성되었다. 기판(11) 및 전극층(12)은 제1 실시예의 것들과 동일하다.

개구(14)는 다음 방법으로 형성되었다. 포토레지스트(Hoechst에 의해 제조된 상품명 AZ1500)가 포토리소그래피에 의해 마스크(13) 상에 코팅되었고, 레지스트는 노광 및 현상되어 개구를 형성하였다. 그래서, 에칭 마스크가 형성되었다. 포토레지스트의 개구에서의 마스크층(13)은 전극층(12)을 노출시키기 위해 산소를 이용하는 반응성 이온 에칭에 의해 에칭되고 제거되었다. 그래서 개구(14)가 형성되었다. 이후, 포토레지스트가 제거되었다.

500×500 매트릭스 패턴에서 개구들이 200  $\mu\text{m}$ 의 간격으로 배열되었다. 전극층(12)은 음극으로서 사용되었고, 니켈(II) 황산염, 니켈(II) 클로라이드, 붕산 및 광택제를 함유하는 와트조가 사용되었다. 그래서 Ni 전기도금이 50℃의 온도 및 5 A/dm

<sup>2</sup>의 음극 전류 밀도의 전기도금조에서 수행되었다. 여기서, 전기도금조(전기도금 액)는 교반되지(회저어지지) 않는다. Ni 도금층은 초기에 개구(14)에 피착되어 성장하였다. 마스크층(13) 상으로 연장된 도금층(15), 및 반구형 도금층(semispherical plated layer; 15)이 도 8d에 도시된 바와 같이 형성되었다. 도금층은 도금층의 하부 직경이 50  $\mu\text{m}$ 에 도달할 때까지 피착되었다.

10개의 도금층(15)이 마이크로렌즈 몰드의 상기 구조로부터 자유롭게 선택되었고, 곡률 반경들 R 및 가상의 곡률 반경들 r이 측정되었다. R 및 r은 서로 일치하였다. 따라서, 50  $\mu\text{m}$ 의 곡률 반경을 갖는 반구형 도금층을 갖는 마이크로 렌즈가 이러한 경우에 제공될 수 있다.

다음 전기도금 실험이 5  $\mu\text{m}$ 의 개구 직경을 사용하여 일정한 전류하에서 수행되었다. 기판(11) 및 전극층(12)은 상기한 바와 같다. 즉, 기판(11)은 웨이퍼의 대향 면 상에 형성된 1  $\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 실리콘 이산화물층을 갖는 실리콘 웨이퍼이며, 전극층(12)은 기판 상의 Cr 및 Au를 연속적으로 적층함으로써 형성되었다. 마스크층(13)은 포토레지스트로 형성되었다. 700×700 매트릭스 패턴에서 개구들(14)이 25  $\mu\text{m}$ 의 간격으로 배열되었다.

이러한 웨이퍼는 베이스로서 사용되었고, 전극층(12)은 음극으로서 사용되었으며, 니켈(II) 황산염, 니켈(II) 클로라이드, 붕산 및 광택제를 함유하는 와트조가 사용되었다. 그래서 Ni 전기도금이 60℃의 전기도금조 온도 및 10 mA 및 100 mA의 두 종류의 전류에서 수행되었다. 여기서, 전기도금조는 회저어지지 않는다. Ni 도금층은 초기에 개구(14)에서 피착되어 성장하였다. 마스크층(13) 상으로 연장된 도금층(15), 및 반구형 도금층(15)이 도 8d에 도시된 바와 같이 형성되었다.

이러한 각각의 전류에서, 다음 구조가 형성되었다. 각 기판 상에 형성된 도금층(15)이 5  $\mu\text{m}$ 의 간격으로 10  $\mu\text{m}$ 에서 35  $\mu\text{m}$ 까지의 하부 직경을 갖는다. 각 마이크로렌즈 몰드에서, 10개의 도금층(15)이 700×700 도금층으로부터 자유롭게 선택되었고, 곡률 반경 R 및 가상 곡률 반경 r이 각각 선택된 도금층에 대해 측정되었다. R 및 r은 서로 일치하였다. 미세 곡률 반경을 갖는 반구형 도금층을 갖는 마이크로 렌즈가 일정 전압 하에서와 유사하게, 일정 전류 하에서 전기도금에 의해 제공될 수 있다.

상기 결과로부터, 도금층(15) 측의 반경 및 광축 근처의 곡률 반경 간에 다른점이 없음을 알 수 있다. 그러므로, 도금층(15)의 하부 직경  $\psi$ 가 개구 직경 $\varphi$ 와 일치하고 마스크층(13) 상에 도금층이 성장되지 않을 때에 평탄한 부분이 없는 볼록한 도금층(15)의 조건이 만족되는 경우, 상기 몰드에 의해 제조된 마이크로렌즈의 측면이 사용될 수 있고, 큰 NA를 갖는 렌즈가 제공될 수 있다. 여기서, 개구 직경은 조건(3)을 만족한다.

또한 제2 실시예에서, 제1 실시예에서와 동일한 기술적 장점이 얻어진다. 또한, 상기 몰드를 사용하여 바람직한 마이크로렌즈가 제조될 수 있다.

다음은 Cr 전기도금조를 사용하여 제2 실시예의 원리를 기초로 하여 마이크로렌즈 몰드가 제조되는 예이다. 6 평방 인치의 퓨즈 수정 유리가 기판(11)으로 사용된다. 전극층(12)을 형성하기 위해, 박막 형성 방법중 하나인 전자빔 진공-증착 법을 사용하여, Cr 및 Au가 상기 기판 상에 각각 10 nm 및 200 nm의 두께로 연속적으로 적층된다.

레지스트에서의 개구(14)를 형성하기 위해 포토레지스트의 코팅, 노광 및 현상이 포토리소그래피를 이용하여 형성된다. 포토레지스트는 마스크층(13)으로 사용된다.

여기서, 개구(14)는 원형 형태를 가지며, 개구(14)의 직경  $\varphi$  및 피치는 각각 5  $\mu\text{m}$  및 35  $\mu\text{m}$ 이다. 각 블록은 100×100 매트릭스 패턴으로 개구(14)의 상기 배열을 갖는다. 8×8 블록이 기판(11) 상에 20 nm의 블록간 간격으로 배열된다.

음극으로서 전극층(12)을 사용하고 크롬산 및 황산(sulfuric acid)을 함유하는 Cr 전기도금조를 사용하여 Cr 전기도금이 수행된다. Cr 도금층은 먼저 개구(14)에서 전극층(12) 상에 증착되고, 도금층이 개구(14)에서 형성될 때 도금층(15)은 볼록 프로파일을 갖는다. 그 후, 도금층(15)은 전기도금이 계속됨에 따라 마스크층(13) 상으로 확장

한다. 그래서 반구형 프로파일을 갖는 도금층(15)이 형성된다. 전기도금은 반구형 프로파일의 반경이 70  $\mu\text{m}$ 에 도달할 때까지 계속되고, 연속적인 도금층(15)이 형성된다.

마이크로렌즈 어레이는 상기 몰드를 이용하여 반구형 Cr 도금층(15)으로 형성된다. 도 13a에 예시되는 바와 같이, 자외선 경화 수지(59)가 몰드(51-55)에 떨어진다. 다음 유리 기판(57)이 수지(59) 상에 놓이고, 수지(59)는 유리(57)를 통해 적외선 방사에 노광되어 수지(59)가 경화된다. 그 후, 유리(57) 및 수지(59)는 몰드로부터 분리된다. 그래서, 오목 마이크로렌즈 어레이(59)가 얻어진다.

오목 마이크로렌즈는 도13b에 예시된 바와 같이 유리(57)상의 몰드의 역프로파일을 갖고 있다.

볼록 마이크로렌즈 상에는 자외선 경화 수지(58)가 코팅된다. 자외선 경화 수지(58)의 굴절률은 수지(59)의 굴절률 보다 더 크다. 유리 기판을 수지(58) 상에 배치하여 수지(58)의 표면을 평탄하게 한다. 수지(58)가 자외선을 받으면 경화된다. 유리 기판은 경화된 자외선 경화 수지(58)로부터 분리된다. 이렇게 하여 도13c에 도시된 바와 같은 완전한 마이크로렌즈가 제조된다.

동일한 마이크로렌즈 몰드를 사용하여, 동일한 방법에 의해서 반복적으로 수천 조각의 마이크로렌즈 어레이가 제조된다. 그 후에, 제2 실시예의 마이크로렌즈 몰드의 표면이 관측되었다. 부식, 흠집 등이 전혀 발견되지 않았다.

제3 실시예에서, Pt는 전극층(32)으로서 사용된다. 제3 실시예는 도11a-11e와 관련하여 기술되어 있다. 이 실시예의 기판은 제1 실시예를 기준으로 하여 유사하게 제조되었다. 6인치 직경의 실리콘 웨이퍼가 산화 가스를 사용하여 열적 산화되었고, 1  $\mu\text{m}$  두께의 실리콘 이산화물층이 웨이퍼의 대향 표면에 형성되었다. 이 웨이퍼는 도11a-11e에 도시된 기판(31)으로서 사용되었다. Ti 및 Pt는 박막 형성 방법 중의 하나인 진공 스퍼터링 방법을 사용하여 상기 웨이퍼 상에 10nm 및 200nm의 두께를 가지고 순차 피착되었다. 이렇게 하여 전극층(32)이 형성되었다. 이어서 방향족 폴리아미드산 용액이 스핀 코팅되었고, 이렇게 코팅된 부분은 열처리되어 폴리이미드의 마스크층(33)이 형성된다.

또한, 포토레지스트의 코팅, 노출 및 현상이 종래의 포토리소그래피에 의해서 행해져 레지스트에 개구가 형성되었다. 레지스트 개구의 마스크층(33)은 산소를 사용하는 반응성 이온 에칭에 의해서 에칭되었다. 따라서, 전극층(32)이 노출되고, 개구(34)가 형성되었다. 그 후에 포토레지스트가 제거되었다.

이 때에 개구(34)는 10  $\mu\text{m}$ 의 직경의 원형을 갖는다. 개구(34)는 500 x 500 매트릭스 패턴에서 200  $\mu\text{m}$ 의 간격으로 배열되었다. 전극층(32)은 음극으로 사용되며, 니켈(II) 설��파이트, 니켈(II) 클로라이드, 붕산 및 광택제를 함유하는 Ni 전기 전기도금조조가 사용되었다. Ni 전기도금은 50℃의 전기도금조 온도와 5 A/dm

<sup>2</sup>의 음극 전류 밀도에서 행해졌다. Ni 도금층(35)은 초기에 개구(34)에 퇴적되어 성장된다. 도금층(35)은 마스크층(33) 위까지 확장되며, 이렇게 하여 반구형 도금층(35)이 도11a에 도시된 바와 같이 형성된다. 도금층(35)은 그 반경이 50  $\mu\text{m}$ 에 도달 할때 까지 피착된다. 이것은 예를 들면, 마이크로스코프를 사용하여 확인할 수 있다.

이어서, 1  $\mu\text{m}$  두께의 PSG(포스포-실리케이트 글래스)가 대기압 CVD(화학적 기상 증착)에 의해서 350℃에서 증착되어 도11a에 도시된 희생층(37)이 형성된다. Ti 및 Au가 전자빔 증착 방법을 사용하여 상기 웨이퍼 상에 10nm 및 20nm의 두께로 연속적으로 층을 형성한다. 이렇게 하여 몰드용 전극층(38)이 도11b에 도시한 바와 같이 형성되었다.

여기서, 전극층(38)은 음극으로 사용되고, 상기 Ni 전기도금조가 사용되었다. Ni 전기도금은 50℃의 전기도금조 온도 및 5 A/dm

<sup>2</sup>의 음극 전류 밀도에서 행해졌다. 몰드(39)는 도11c에 도시된 바와 같이 형성되었다.

도11c의 웨이퍼는 불화수소산 및 불화암모늄의 혼합 용액에 침전되어 PSG의 희생층(37)이 에칭 및 제거된다. 기판(31) 및 몰드(39)는 도11d에 도시된 바와 같이 분리될 수 있다. 전극층(38)의 Ti는 동시에 제거될 수 있다. 그 후에, 전극층(38)은 옥소 및 칼륨 옥화물의 혼합 용액에 의해서 에칭된다. 따라서, 마이크로렌즈용 몰드(39)는 도 11e에 도시된 바와 같이 제작될 수 있다.

분리된 기판은 희생층(37)을 제외하고 도11a에 도시된 반구형 구조를 갖는다. 따라서, 마이크로렌즈용 몰드는 분리된 기판을 사용하여 도11a-11e의 단계를 행함으로써 반복적으로 제조될 수 있다.

이 실시예에 따른 마이크로렌즈용 몰드의 제조 방법에 있어서, 몰드는 전기도금에 의해서 제작될 수 있다. 따라서, 동일한 프로파일을 가진 다수의 몰드가 제작될 수 있다. 이와 같이, 이 실시예에서는 하나의 오리지널 몰드가 사용되는 종래의 몰드 형성 방법에 비하여 몰드 마스터 및 희생층 형성 공정을 사용함으로써 복수의 몰드가 제작될 수 있다. 그래서, 이 실시예에 의하면, 제작 비용이 더욱 삭감될 수 있다.



오목한 몰드를 사용하는 마이크로렌즈의 제작 공정에 대하여 도12a-12c를 참조하여 설명한다. 자외선 경화 포토 폴리머의 수지(40)는 오목한 몰드(39)상에 피착되고, 수지(40)위에 유리의 지지 기판(41)을 배치한 후에 수지(40)를 자외선에 노출시켜서 수지(40)를 경화시킨다. 유리 기판(41)을 들어 올림으로써, 수지(40)가 마이크로렌즈 몰드(40)로 부터 분리될 수 있다. 이렇게 하여 마이크로렌즈 어레이가 형성될 수 있다. 여기서, 동일한 방법을 사용하여 동일한 마이크로렌즈 몰드에 의해서 천개의 포토폴리머 마이크로렌즈가 형성될 수 있다.

제4 실시예에서, 전극층(32)은 도금층(35)의 것과 동일한 재료로 형성된다. 제4 실시예는 도11a-11e를 참조하여 설명된다.

이 실시예의 기판은 제1 실시예를 기준으로 하여 유사하게 제조된다. 6인치 직경의 실리콘 웨이퍼가 산화 가스를 사용하여 열적 산화되었고, 1 $\mu$ m 두께의 실리콘 이산화물층이 웨이퍼의 대향 표면에 형성되었다. 이 웨이퍼는 도 11a-11e에 도시된 기판(31)으로서 사용되었다. Ti 및 Ni는 박막 형성 방법 중의 하나인 진공 스퍼터링 방법을 사용하여 상기 웨이퍼 상에 10nm 및 200nm의 두께를 가지고 순차 피착되었다. 이렇게 하여 전극층(32)이 형성되었다. 이어서 방향성 폴리아미드산 용액이 스핀 코팅되었고, 이렇게 코팅된 부분은 열처리되어 폴리아미드의 마스크층(33)을 형성하였다.

또한, 포토레지스트의 코팅, 노출 및 현상이 종래의 포토리소그래피에 의해서 행해져 레지스트에 개구가 형성되었다. 레지스트 개구의 마스크층(33)은 산소를 사용하는 반응성 이온 에칭에 의해서 에칭되었다. 따라서, 전극층(32)이 노출되고, 개구(34)가 형성되었다. 그 후에 포토레지스트가 제거되었다.

이 때에 개구(34)는 10 $\mu$ m의 직경의 원형을 갖는다. 개구(34)는 500 x 500 매트릭스 패턴에서 200 $\mu$ m의 간격으로 배열되었다. 전극층(32)은 음극으로 사용되며, 니켈(II) 설파이트, 니켈(II) 염화물, 붕산 및 광택제를 함유하는 Ni 전기도금 욕조가 사용되었다. Ni 전기도금은 50℃의 욕조 온도와 5 A/dm

<sup>2</sup>의 음극 전류 밀도에서 행해졌다. Ni 도금층(35)은 초기에 개구(34)에 피착되어 성장된다. 도금층(35)은 마스크층(33)으로 확장되고, 반구형 도금층(35)이 도 11a에 도시된 바와 같이 형성된다. 도금층(35)은 그의 반경이 50 $\mu$ m가 될때 까지 피착된다. 이는 마이크로스코프를 이용하여 확인할 수 있다.

전극층(32)의 재료가 도금층(35)의 재료와 동일하기 때문에, 다른 재료들에 있어서는 발생하기 쉬운 전극층(32)와 도금층(35)간의 결정 격자들의 부정합이 생기지 않는다. 그러므로, 도금층(35)은 도전층(35)에 부드럽게 형성될 수 있고, 반구형 구조가 전극층(32)에 확실하게 접속될 수 있다. 그러므로, 반구형 구조는 세정 등의 처리 동안에 분리되지 않으므로 웨이퍼를 용이하게 다룰 수 있다.

이후, 두께가 1 $\mu$ m인 PSG가 대기압 CVD 법에 의해서 350℃에서 피착되어 도 11a에 도시된 바와 같은 희생층(37)이 형성된다. 전자빔 피착 법을 이용하여, Ti 및 Au를 각각 10nm 및 200nm의 두께로 상기 웨이퍼에 연속해서 적층시킨다. 그 결과, 몰드용 전극층(38)이 도 11b에 도시된 바와 같이 형성된다.

이후, 전극층(38)은 음극으로서 이용되고, Ni 전기도금조가 이용된다. 온도 50℃의 전기도금조 및 음극 전류 밀도 5 A/dm

<sup>2</sup>에서 Ni 전기도금이 실행되어 몰드(39)가 도 11c에 도시된 바와 같이 형성된다.

이후, 도 11c의 웨이퍼는 불화수소산과 불화 암모늄의 혼합 용액에 침전되어 PSG의 희생층(37)이 에칭 제거된다. 기판(31)과 몰드(39)는 도 11d에 도시된 바와 같이 분리될 수 있다. 전극층(38)의 Ti는 동시에 제거될 수 있다. 이후에, 전극층(38)은 옥소와 칼륨 옥화물의 혼합 용액에 의해서 에칭된다. 그 결과, 마이크로렌즈용 몰드(39)가 도 11e에 도시된 바와 같이 생성된다.

분리된 구조는 희생층(37)을 제외하고는 도 11a에 도시된 바와 같은 반구형 구조를 갖고 있다. 그러므로, 마이크로렌즈용 몰드는 이러한 분리 기판을 이용하여 도 11a - 11e의 단계를 실행함으로써 반복적으로 생성될 수 있다.

다른 점에 있어서는, 제4 실시예는 제3 실시예와 실질적으로 동일하다.

제5 실시예에서, 전극층(32)은 도금층(35)내로 용이하게 확산될 수 있는 재료로 형성된다. 제5 실시예 또한 도 11a - 11e를 참조하여 설명하기로 한다.

이 실시예의 기판은 또한 제1 실시예와 유사하게 생성된다. 6 인치의 직경을 갖고 있는 실리콘 웨이퍼는 산화 가스를 이용하여 열적으로 산화되고, 두께 1 $\mu$ m의 실리콘 산화물층들이 웨이퍼의 반대 표면들에 형성된다. 이 웨이퍼는 도 11a - 11e에 도시된 바와 같이 기판(31)으로서 사용된다. 이후 진공 스퍼터링 법을 이용하여 Ti 및 Au를 각각 10 nm 및 200 nm의 두께로 상기 웨이퍼에 연속해서 적층한다. 그 결과 전극층(32)이 형성된다. 이후, 방향성

폴리아미드산 용액이 스핀-코팅되고 이 코팅은 열 처리되어 폴리아미드 마스크층(33)이 형성된다.

더욱이, 포토리소그래피를 이용하여 포토레지스트의 코팅, 노출 및 현상을 실행하여 레지스트에 개구를 형성한다. 레지스트에 있는 마스크층(38)은 산소를 이용하는 반응성 이온 에칭으로 에칭한다. 그 결과, 전극층(32)이 노출되고 개구(34)가 형성된다. 이후 포토레지스트는 제거된다.

여기서, 개구(34)는 10  $\mu\text{m}$  직경의 원형이다. 개구(34)는 500×500 매트릭스 패턴으로 200  $\mu\text{m}$ 의 간격으로 배열된다. 전극층(32)은 음극으로서 이용되고, 니켈 (II) 황산염, 니켈 (II) 클로라이드, 붕산 및 광택제를 함유하는 Ni 전기도금조가 이용된다. 온도 50℃의 전기도금조 및 음극 전류 밀도 5 A/dm

<sup>2</sup>에서 Ni 전기도금이 실행된다. Ni 도금층(35)은 초기에 개구(34)내에 피착되어 성장된다. 도금층(35)은 마스크층(33)으로 확장된다. 그 결과, 도 11a에 도시된 바와 같이 반구형 도금층(35)이 형성된다. 도금층(35)은 그의 반경이 50 $\mu\text{m}$ 가 될 때 까지 피착된다. 이는 마이크로스코프를 이용하여 확인할 수 있다.

여기서, 전극층(32)은 도금층(35)내로 확산된다. 이는 반구형 구조가 황산 용액내에서 분해되었을 때 니켈과 금의 합금으로된 확산층이 개구(34)에 있는 전극층(32) 주위에서 발견된다는 사실에 의해 증명되었다. 그래서, 전극층(32)의 Au는 니켈로 이루어진 도금층(35)내로 확산되고, 반구형 구조는 전극층(32)에 견고하게 접촉될 수 있다. 그러므로, 반구형 구조는 세정 등과 같은 처리 동안에 분리되지 않으므로 웨이퍼를 용이하게 다룰 수 있다.

두께 1 $\mu\text{m}$ 의 PSG는 350℃에서 대기압 CVD 법에 의해 피착되어 도 11a에 도시된 바와 같은 희생층(37)이 형성된다. Ti 및 Au는 전자빔 증착 법을 이용하여 웨이퍼상에 그의 두께가 각각 10nm 및 200nm가 되도록 연속해서 피착된다. 그 결과, 몰드용 전극층(38)이 도 11b에 도시된 바와 같이 형성된다.

전극층(38)은 음극으로서 이용되고, Ni 전기도금조가 이용된다. Ni 전기도금은 온도 50℃ 및 음극 전류 밀도 5 A/dm

<sup>2</sup>에서 실행된다. 그 결과, 도 11c에 도시된 바와 같은 몰드(39)가 형성된다.

이후, 도 11c의 웨이퍼는 불화수소산 및 불화암모늄의 혼합 용액내에 침전되어 PSG의 희생층(37)이 에칭 제거된다. 기판(31) 및 몰드(39)은 도 11d에 도시된 바와 같이 분리될 수 있다. 전극층(38)의 Ti도 동시에 제거될 수 있다. 이후에, 전극층(38)은 옥소 및 칼륨 옥화물의 혼합 용액에 의해 에칭된다. 그 결과, 마이크로렌즈용 몰드(39)가 도 11e에 도시된 바와 같이 형성된다.

분리 구조는 희생층(37)을 제외하고는 도 11a에 도시된 바와 같은 반구형 구조를 갖고 있다. 그러므로, 마이크로렌즈용 몰드는 상기 분리 구조를 이용하여 도 11a - 11e의 단계들을 실행하여 연속해서 생산할 수 있다.

다른 점에 관해서는, 제5 실시예는 제3 실시예와 실질적으로 동일하다.

제6 실시예에서, 몰드는 다른 법을 이용하여 제조된다. 제6 실시예는 도 11a - 11e를 참조하여 설명하기로 한다.

도금층(35)의 반구형 구조는 제3 실시예의 법과 동일한 법을 이용하여 전극층(32), 마스크층(33) 및 개구(34)와 함께 기판상에 형성된다. 두께 1 $\mu\text{m}$ 의 PSG는 대기압 CVD 법에 의해서 350℃에서 피착되어 도 11a에 도시된 바와 같은 희생층(37)이 형성된다. Ti 및 Au는 전자빔 증착 법을 이용하여 웨이퍼상에 그들의 두께가 각각 10nm 및 200nm가 되도록 연속해서 적층된다. 그 결과, 몰드용 전극층(38)이 도 11b에 도시된 바와 같이 형성되어 몰드 마스터가 제조된다.

전극층(38)은 음극으로서 이용되고, 니켈 (II) 설페이트, 니켈 브로마이드, 붕산 및 광택제를 함유하는 Ni 전기도금조가 이용된다. Ni 전기도금은 온도 50℃ 및 음극 전류 밀도 5 A/dm

<sup>2</sup>의 조에서 실행된다. 그 결과, 도 11c에 도시된 바와 같이 몰드(39)가 형성된다.

도 11c의 웨이퍼는 불화수소산 및 불화암모늄의 혼합 용액내에 침전되어 PSG의 희생층(37)이 에칭 제거된다. 기판(31)과 몰드(39)은 도 11d에 도시된 바와 같이 분리할 수 있다. 전극층(39)의 Ti는 동시에 제거될 수 있다. 이후에, 전극층(38)은 옥소 및 칼륨 옥화물의 혼합 용액에 의해 에칭된다. 그 결과, 마이크로렌즈용 몰드(39)가 도 11e에 도시된 바와 같이 생산된다.

니켈 (II) 황산염 전기도금조가 전기도금조로서 이용되고 있으므로, 전기도금 스트레스에 기인한 몰드의 뒤틀림이 감소 또는 제거된다.

다른 점에 있어서는 제6 실시예는 제3 실시예와 실질적으로 동일하다.

앞서 마이크로렌즈 또는 마이크로렌즈 어레이 몰드를 이용하는 본 발명이 설명되었지만, 본 발명은 앞서 논의한 구조적 특징을 갖고 있는 미세 구조 및 미세 구조용 몰드에도 폭넓게 적용될 수 있다.

더욱이, 앞서의 실시예들에서 개구가 원형이었지만, 슬릿형 또는 가늘고 긴 직사각형과 같은 다른 형태를 가질 수도 있다. 개구가 슬릿형일 때, 반원통형 도금층이 형성되고, 예를들어 렌티큘러 렌즈형 몰드 또는 렌티큘러 렌즈가 제조될 수 있다. 도 14는 상기 법에 따라 기판(61)에 제조된 렌티큘러 렌즈 몰드(62)를 도시하고 있다.

앞서 설명한 바와 같이, 본 발명의 마이크로렌즈 몰드가 개구 직경  $\phi$ 에 관련한 조건(1)을 만족할 때, 몰드는 광축상의 원하는 곡률 반경을 가질 수 있다.

더욱이, 본 발명의 마이크로렌즈 몰드가 개구 직경이  $10\mu\text{m}$  미만이라는 조건을 만족할 때, 몰드는 도금층 측의 곡률 반경이 광축 근처의 곡률 반경과 거의 같은 원하는 구조를 가질 수 있다. 이 몰드를 이용하여 제조된 마이크로렌즈는 큰 NA를 갖고 있는 렌즈일 수 있다.

더구나, 본 발명의 마이크로렌즈 몰드의 제조 방법에 있어서, 전기도금 성장의 초기에 개구에 형성된 도금층이 평탄한 부분을 가지고 있는 경우, 광축상에 원하는 곡률 반경을 갖고 있는 도금층을 갖고 있는 몰드는 조건(1)이 만족될 때 제조될 수 있다.

더구나, 본 발명의 마이크로렌즈 몰드 제조 방법에 있어서, 전기도금 성장의 초기에 개구에 형성된 도금층은 평탄한 부분이 없는 불록층인 경우, 도금층 측면의 곡률 반경은 광축 근처의 곡률 반경과 거의 같으며 이 몰드를 이용하여 제조된 마이크로렌즈는 이용가능한 측면을 가질 수 있다. 그 결과, 큰 NA를 갖고 있는 렌즈가 제공될 수 있다.

한편, 상기 도금층을 형성하는 조건들은 이용된 전기도금조의 종류에 관계없다.

본 발명이 양호한 실시예를 들어서 설명되었을 지라도, 본 발명이 이들 실시예에만 한정되는 것이 아님을 이해하여야 한다. 본 발명은 첨부된 특허청구범위의 정신 및 범위내에 포함된 등가적인 실시예 또는 다양한 수정도 포괄하는 것이다.

### 발명의 효과

본 발명에 따르면, 수백 마이크로미터 미만(특히, 약  $300\mu\text{m}$  미만)의 곡률 반경을 갖고 있는 또는  $200\mu\text{m}$  미만의 상부의 곡률 반경을 갖고 있는 미세 마이크로렌즈를 양호하고 정밀한 프로파일로 제조할 수 있다.

### (57)청구의 범위

#### 청구항1

마이크로렌즈용 몰드에 있어서,

적어도 일부가 도전성인 기판;

상기 기판상에 형성되어 있으며 개구를 갖고 있는 절연 마스크층; 및

상기 개구내 그리고 상기 마스크층에 전기도금되는 도금층을 구비하며,

(R)이 상기 개구 바로 위에 있는 상기 도금층의 곡률 반경이고,  $\phi$ 가 상기 개구의 직경 또는 폭인 경우,  $\phi$

$$\leq$$

0.35R인 관계식 (a) 및  $\phi$

$$\leq$$

10  $\mu\text{m}$ 인 관계식 (b)중 적어도 하나가 만족되는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항2

제1항에 있어서,  $\phi$

$$\leq$$

0.35R인 관계식 (a)가 만족되고, 상기 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )이  $10\mu\text{m}$  이상인 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항3

제1 또는 2항에 있어서, 상기 마스크층내에는 복수의 상기 개구가 형성되는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항4

제3항에 있어서, 복수의 상기 도금층들이 각각 상기 개구들 내부와 주위에 도금되며, 상기 도금층들의 인접한 도금층들은 연속해서 형성되는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항5

제1 내지 4항중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구는 원형인 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항6

제1 내지 4항중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구는 가늘고 긴 직사각형인 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항7

제1 내지 6항중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판은 실리콘, 유리, 수정 또는 폴리머 물질로 이루어지는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항8

제1 내지 7항중 어느 한 항에 있어서, 상기 마스크층은 포토레지스트층을 포함하는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항9

제1 내지 8항중 어느 한 항에 있어서, 적어도 일부가 도전성인 상기 기판은 전극층을 갖고 있는 기판이며, 상기 전극층은 Pt로 이루어진 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항10

제1 내지 9항중 어느 한 항에 있어서, 상기 전극층은 상기 도금층과 동일한 재료로 이루어진 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항11

제1 내지 9항중 어느 한 항에 있어서, 합금층은 상기 전극층과 상기 도금층 사이의 계면 영역에 존재하는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항12

제11항에 있어서, 상기 합금층은 상기 전극층과 상기 도금층중 적어도 하나의 금속 확산에 기인하여 형성되는 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항13

제1 내지 12항중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판은 도전성 기판 또는 전극층을 갖고 있는 기판인 마이크로렌즈용 몰드.

#### 청구항14

마이크로렌즈용 몰드를 제조하는 법에 있어서,

(a) 적어도 일부가 도전성인 기판을 준비하는 단계;

(b) 상기 기판의 도전성 부분에 절연 마스크층을 형성하는 단계;

(c) 상기 마스크층내에 개구를 형성하여 이 개구가 있는 기판의 도전성 부분을 노출시키는 단계; 및

(d) 음극으로서 상기 기판의 도전성 부분을 이용하여 전기도금함으로써 상기 개구내에 그리고 상기 마스크층상에



도금층을 증착하는 단계를 포함하며,

상기 도금층이 전기도금의 초기에 평평한 부분을 가지며 이때 상기 도금층의 바닥 직경 또는 폭( $\phi$ )이 상기 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )과 일치하며, 상기 개구 바로 위에 있는 상기 도금층의 곡률 반경(R)이  $\phi$

$$\leq$$

0.35의 관계를 가지는 제1 조건, 및 상기 도금층이 전기도금의 초기에 형성된 볼록 프로파일을 가지는 제2 조건중 적어도 하나가 만족되는 전기도금이 실행되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항15

제14항에 있어서, 상기 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )은  $10\mu\text{m}$  이상이며, 상기 제1 조건을 만족하는 상기 전기도금이 실행되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항16

제14항에 있어서, 상기 개구의 직경 또는 폭( $\phi$ )은  $10\mu\text{m}$  미만이며, 상기 제2 조건을 만족하는 상기 전기도금이 실행되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항17

제15 또는 16항에 있어서, 상기 마스크층내에는 복수의 상기 개구들이 상기 개구 형성 단계(c)에서 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항18

제17항에 있어서, 상기 전기도금 단계에서는, 복수의 상기 도금층들 각각은 상기 개구들 내에 그리고 그들의 주위에 증착되며, 상기 복수의 도금층들중 인접한 도금층들은 연속해서 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항19

제14 내지 18항중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기도금 단계에서 전기도금이 실행되는 동안 전기도금 액체가 상기 기판상으로 흘러들어 가지 않는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항20

제14 내지 19항중 어느 한 항에 있어서, 상기 단계(d)에서의 전기도금은 니켈 전기도금, 구리 전기도금 또는 크롬 전기도금에 의해서 실행되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항21

제14 내지 20항중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구 형성 단계(c)에서 상기 개구는 원형을 갖는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항22

제14 내지 20항중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구 형성 단계(c)에서 상기 개구는 가늘고 긴 직사각형을 갖는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항23

제14 내지 22항중 어느 한 항에 있어서, 상기 도금층을 갖고 있는 상기 기판상에 몰드를 형성하는 단계 및 상기 몰드를 상기 기판으로부터 분리하는 단계를 더 포함하는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항24

제23항에 있어서, 상기 도금층 형성 단계(d)에서, 상기 기판상에 희생층을 형성하는 단계를 더 포함하는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

#### 청구항25

제24항에 있어서, 상기 희생층은 상기 몰드 분리 단계에서 제거되어 상기 몰드가 상기 기판으로부터 분리되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항26**

제23항에 있어서, 상기 기판과 상기 도금층은 상기 몰드 분리 단계에서 순차적으로 에칭되어 상기 몰드가 상기 기판으로 부터 분리되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항27**

제23항에 있어서, 상기 몰드 분리 단계에서 상기 몰드는 상기 기판으로 부터 기계적으로 분리되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항28**

제23 내지 27항중 어느 한 항에 있어서, 상기 몰드 형성 단계에서 상기 몰드는 전기도금에 의해서 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항29**

제28항에 있어서, 상기 몰드는 니켈 (II) 설��파메이트의 조를 이용하는 니켈 전기도금에 의해서 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항30**

제23 내지 27항중 어느 한 항에 있어서, 상기 몰드 형성 단계에서, 상기 몰드는 상기 도금층을 갖고 있는 기판상에 몰드 재료를 코팅함으로써 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항31**

제14 내지 30항중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판은 실리콘, 유리, 수정 또는 폴리머 물질로 이루어지는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항32**

제14 내지 31항중 어느 한 항에 있어서, 상기 마스크층은 포토레지스트층을 포함하는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항33**

제14 내지 32항중 어느 한 항에 있어서, 적어도 일부가 도전성인 상기 기판은 전극층을 갖고 있는 기판이며, 상기 전극층은 Pt로 이루어진 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항34**

제14 내지 33항중 어느 한 항에 있어서, 적어도 일부가 도전성인 상기 기판은 전극층을 갖고 있는 기판이며, 상기 전극층은 상기 도금층의 재료와 동일한 재료로 이루어진 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항35**

제14 내지 34항중 어느 한 항에 있어서, 적어도 일부가 도전성인 상기 기판은 전극층을 갖고 있는 기판이며, 상기 전극층 및 상기 도금층은 이들 사이의 계면 영역에 합금층이 존재하도록 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항36**

제35항에 있어서, 상기 합금층은 적어도 상기 전극층 또는 상기 도금층의 금속 확산에 의해서 형성되는 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항37**

제14 내지 36항중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판은 도전성 기판 또는 전극층을 갖고 있는 기판인 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법.

**청구항38**

마이크로렌즈의 제조 방법에 있어서,

(a) 제14 내지 37항중 어느 한 항에 따른 마이크로렌즈용 몰드 제조 방법을 이용하여 마이크로렌즈용 몰드를 준비하는 단계;

(b) 상기 몰드에 제1 렌즈 재료를 코팅하는 단계; 및

(c) 상기 몰드로 부터 상기 제1 렌즈 재료를 분리하는 단계를 포함하는 마이크로렌즈 제조 방법.

#### 청구항39

제38항에 있어서, 상기 렌즈 재료는 수지인 마이크로렌즈 제조 방법.

#### 청구항40

제38 또는 39항중 어느 한 항에 있어서, 상기 분리된 제1 렌즈 재료에 제2 렌즈 재료를 코팅하는 단계, 및 상기 제2 렌즈 재료를 경화시키는 단계를 더 포함하는 마이크로렌즈 제조 방법.

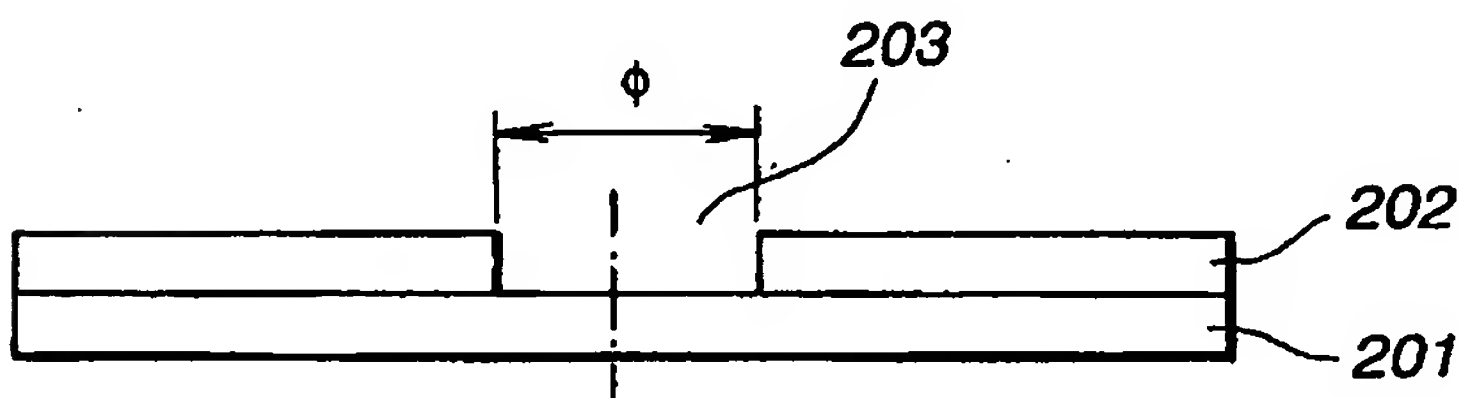
#### 청구항41

제40항에 있어서, 상기 제1 및 제2 렌즈 재료는 각각이 서로 다른 굴절률을 갖고 있는 마이크로렌즈 제조 방법.

#### 도면

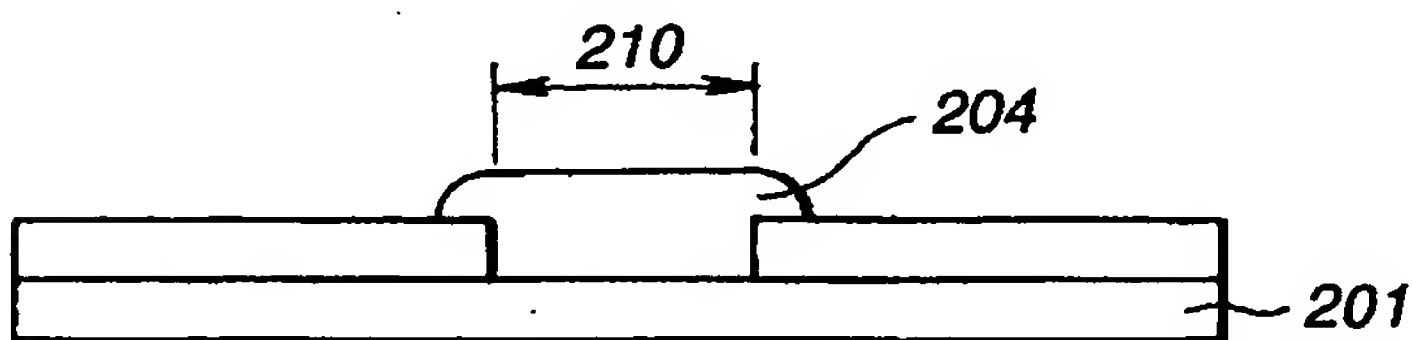
##### 도면1a

(종래 기술)



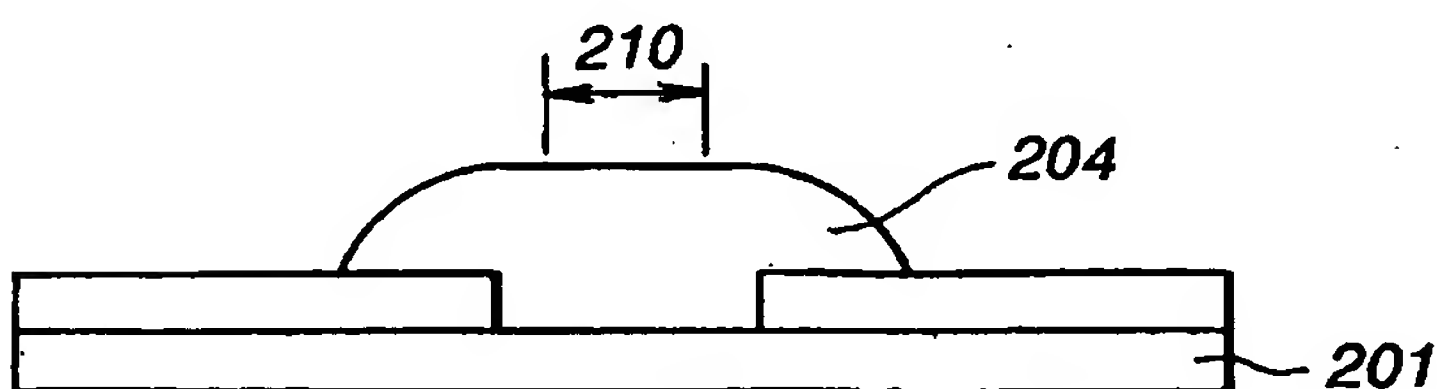
##### 도면1b

(종래 기술)



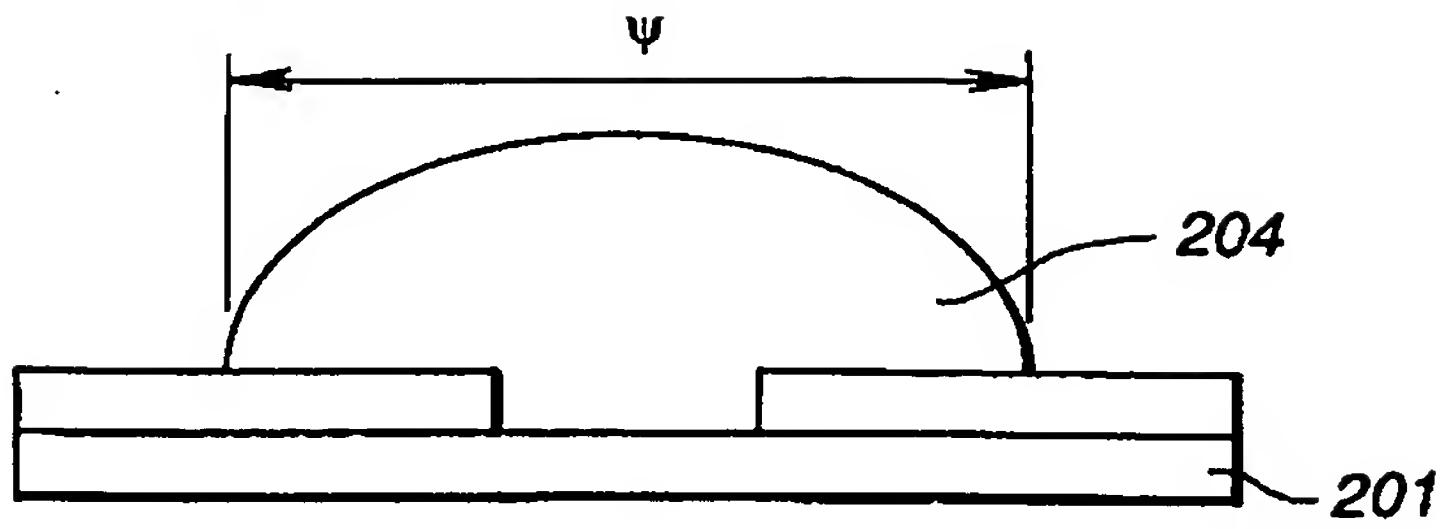
##### 도면1c

(종래 기술)



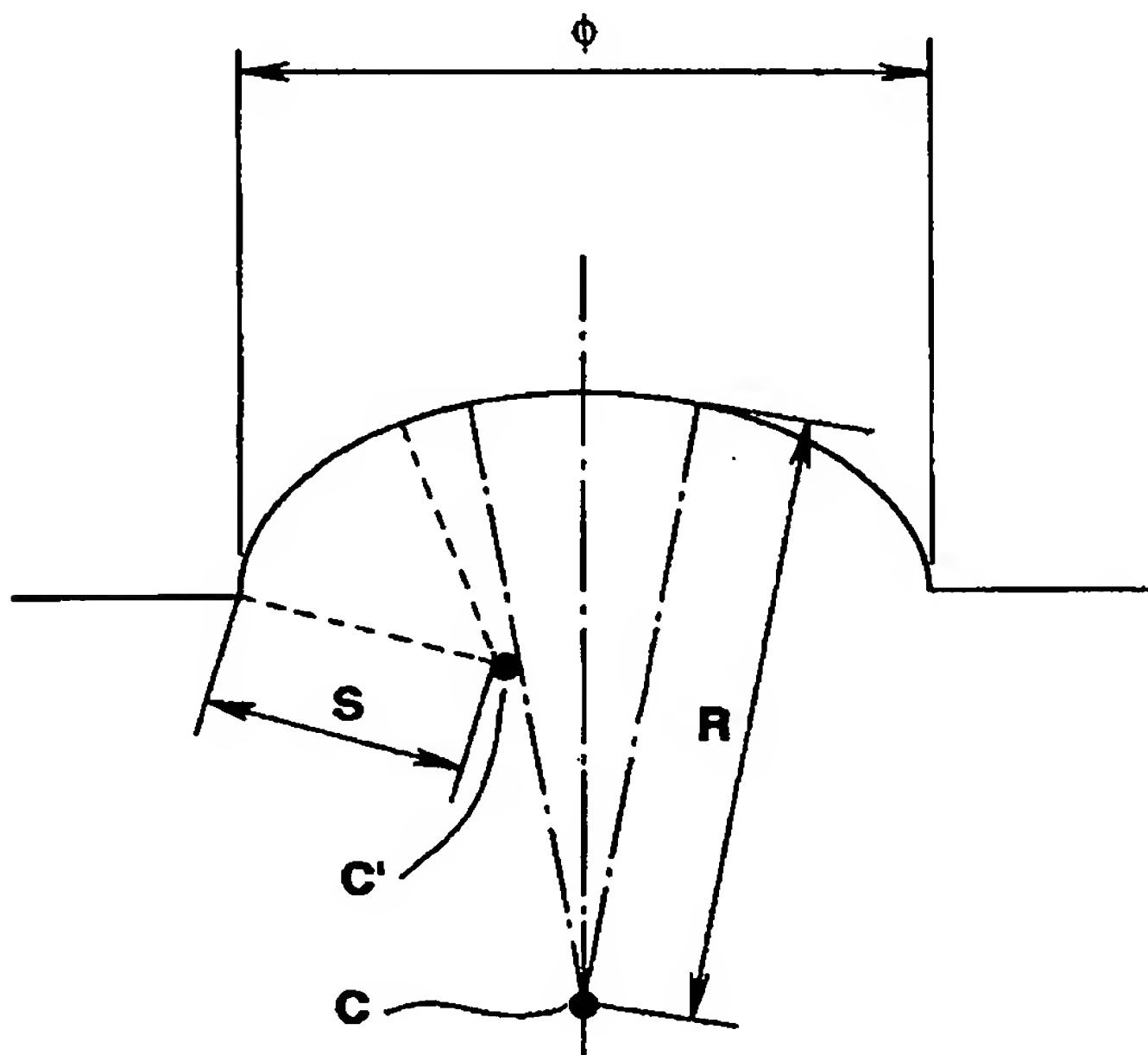
도면1d

(종래 기술)

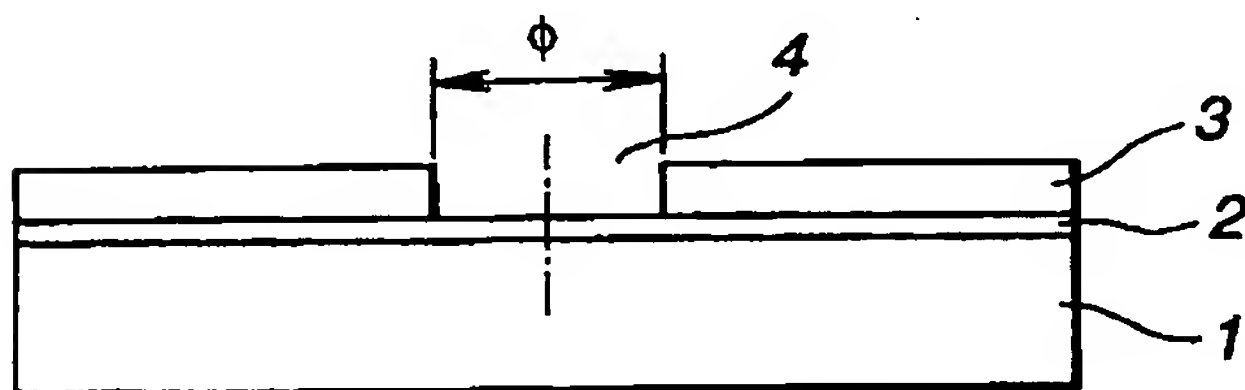


도면2

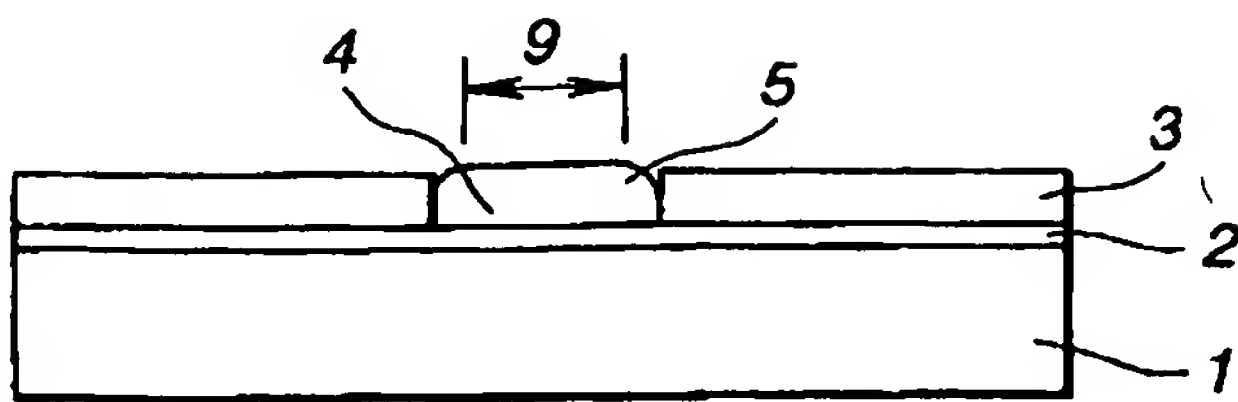
(종래 기술)



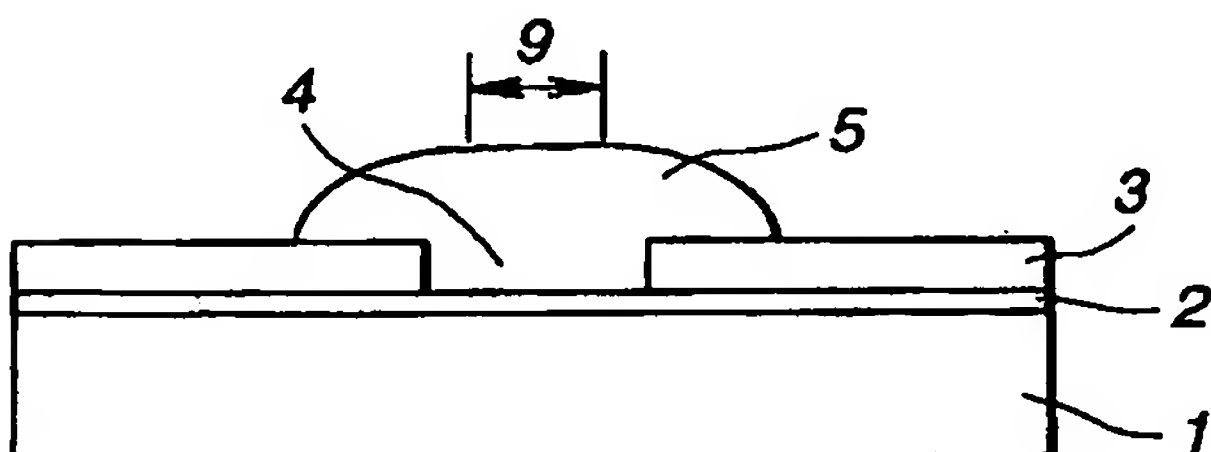
도면3a



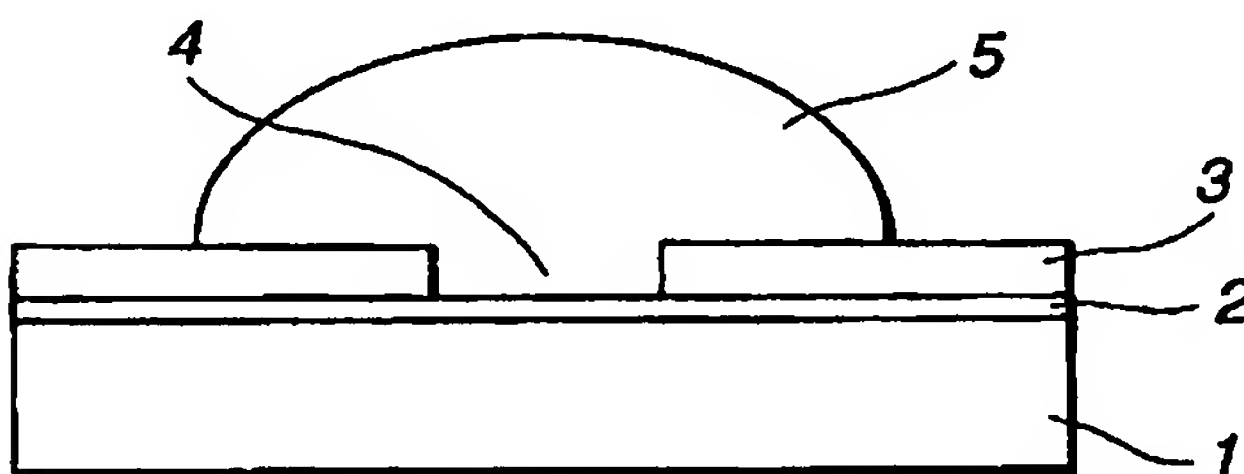
도면3b



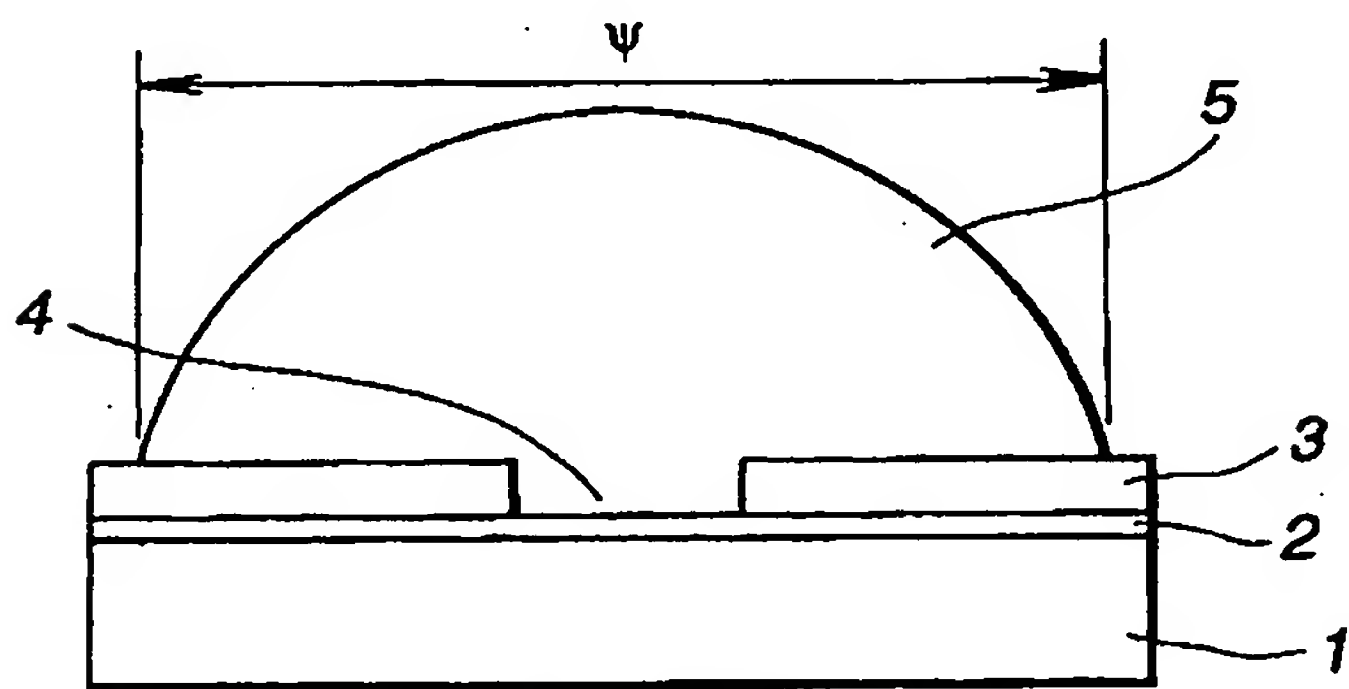
도면3c



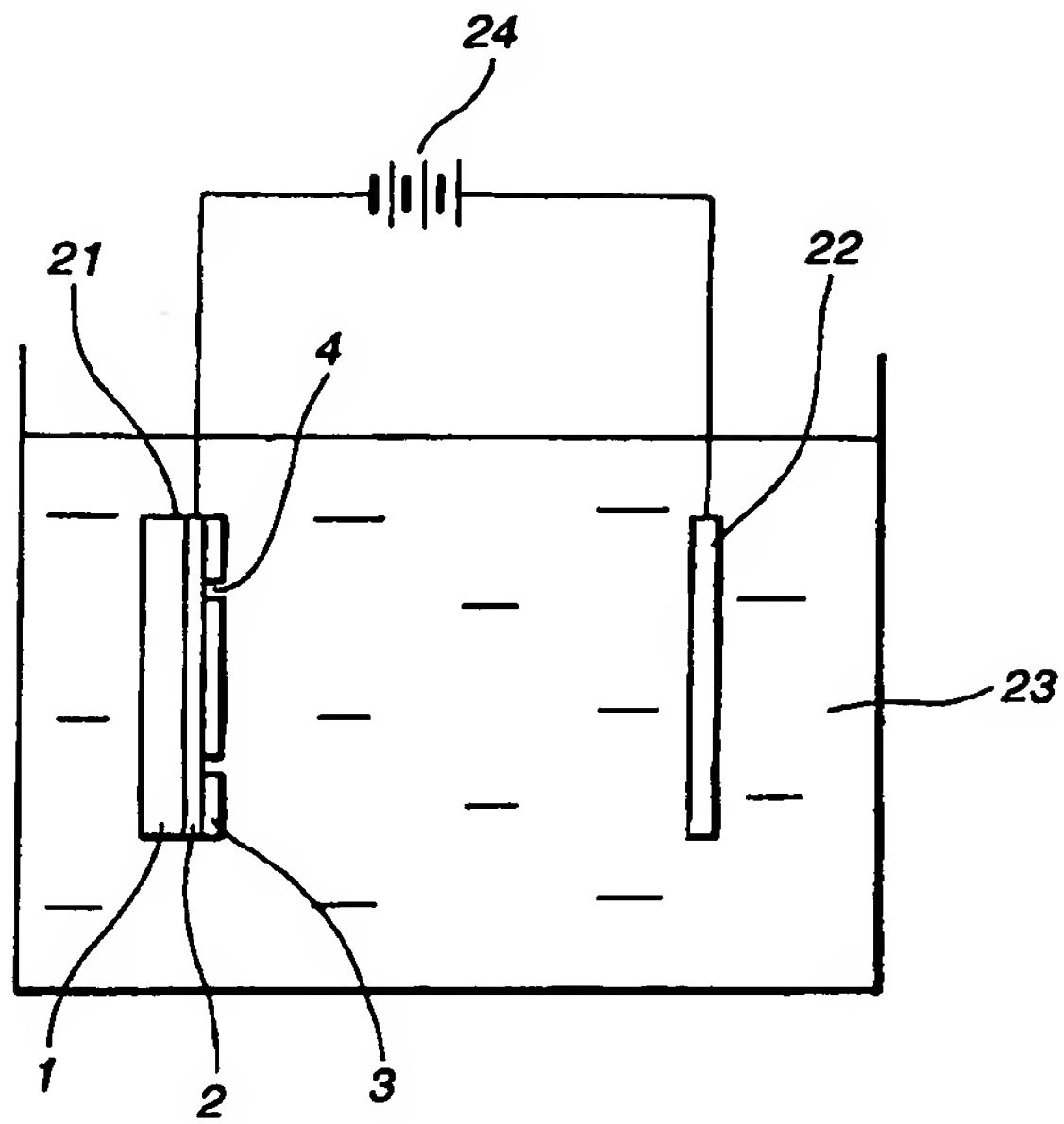
도면3d



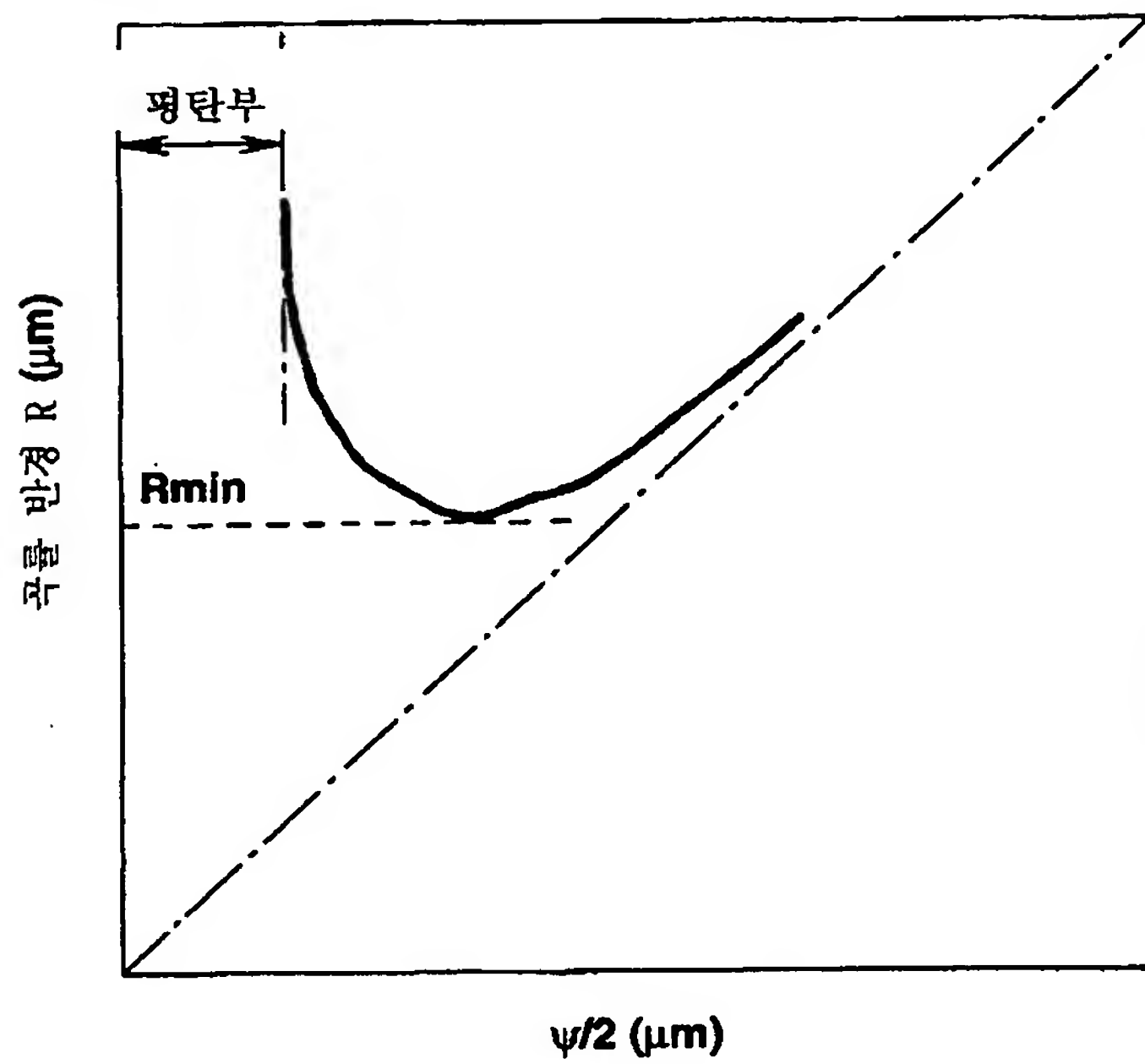
도면3e



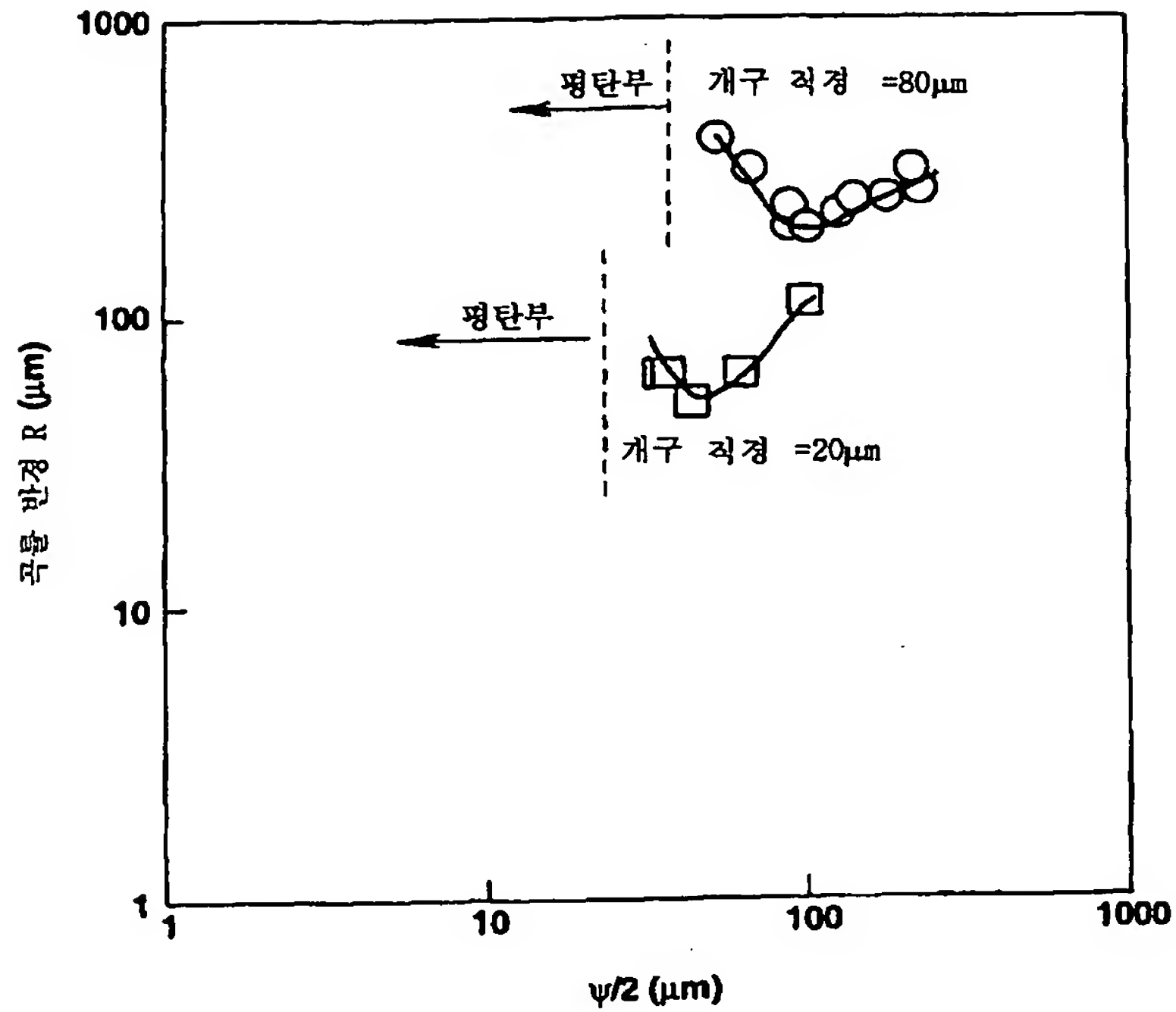
도면4



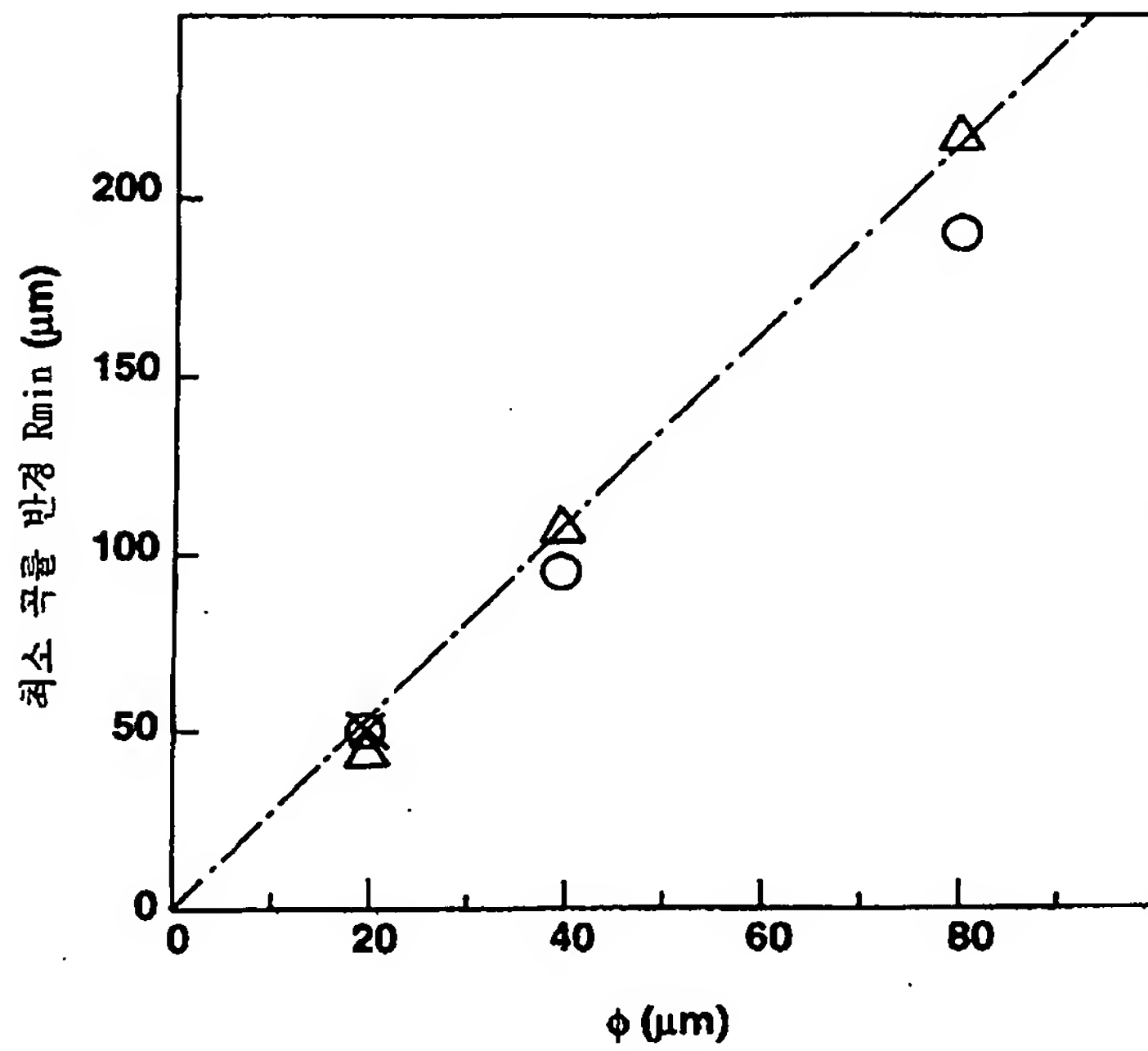
도면5



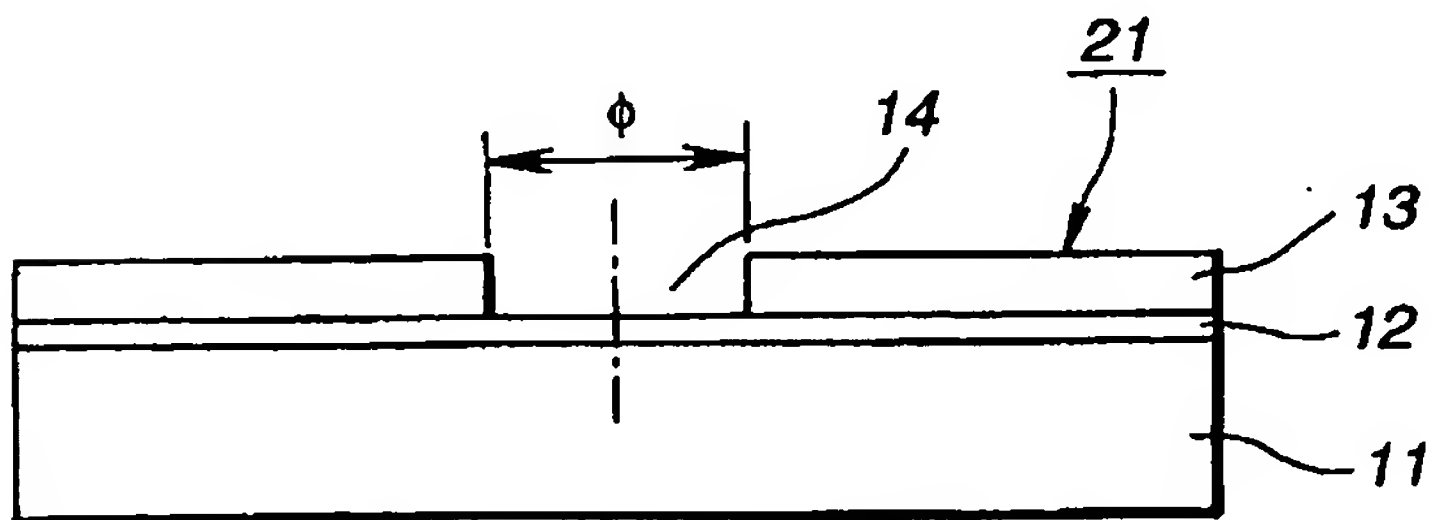
도면6



도면7

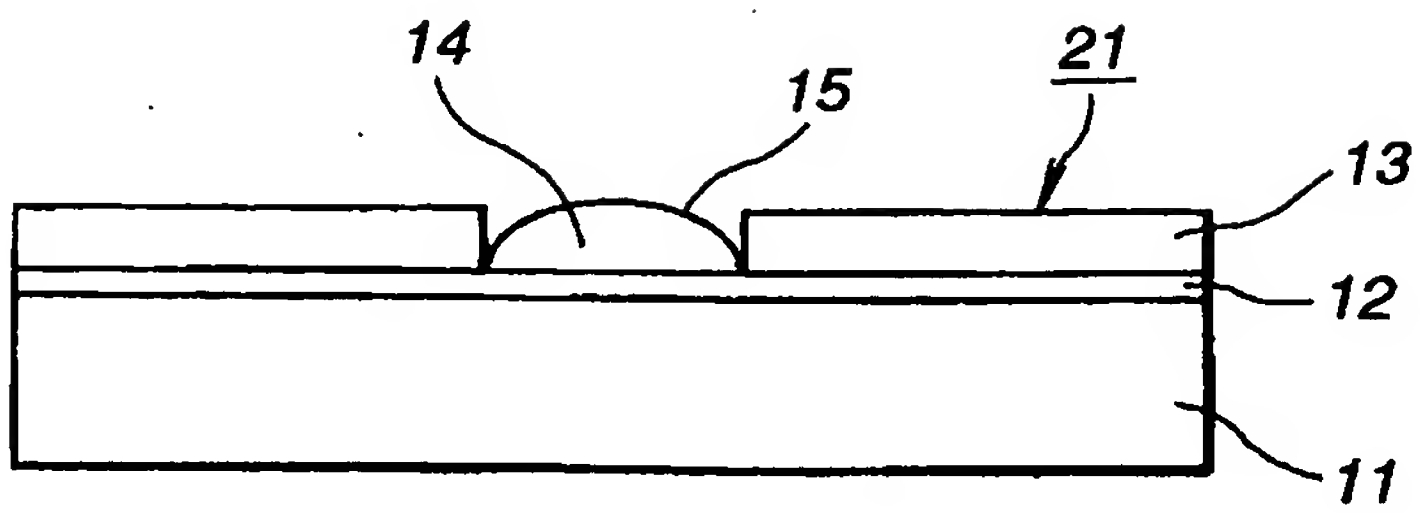


도면8a

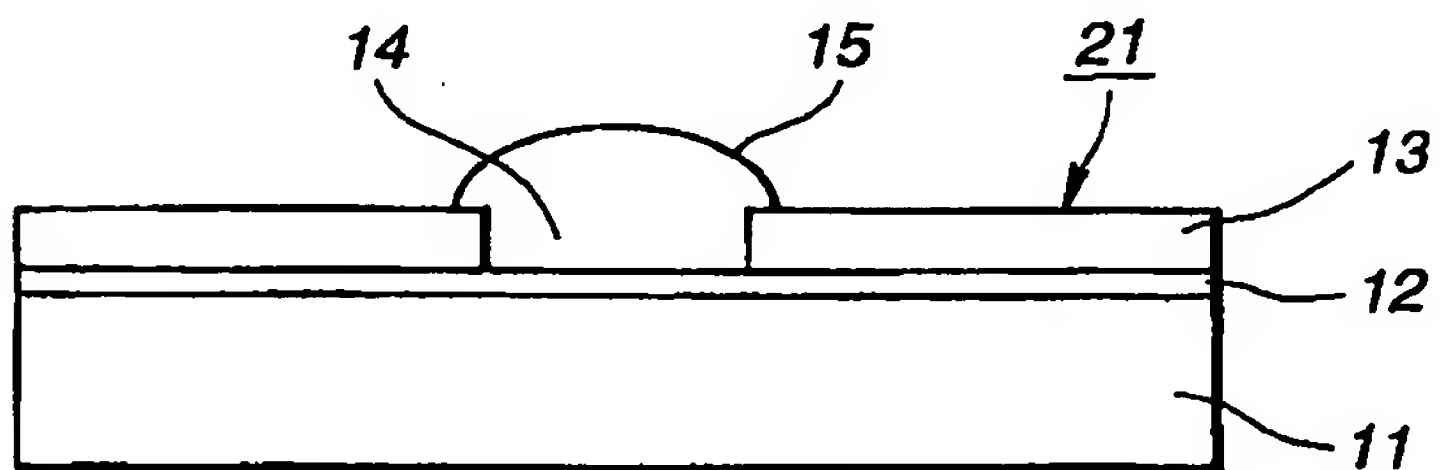


도면8b

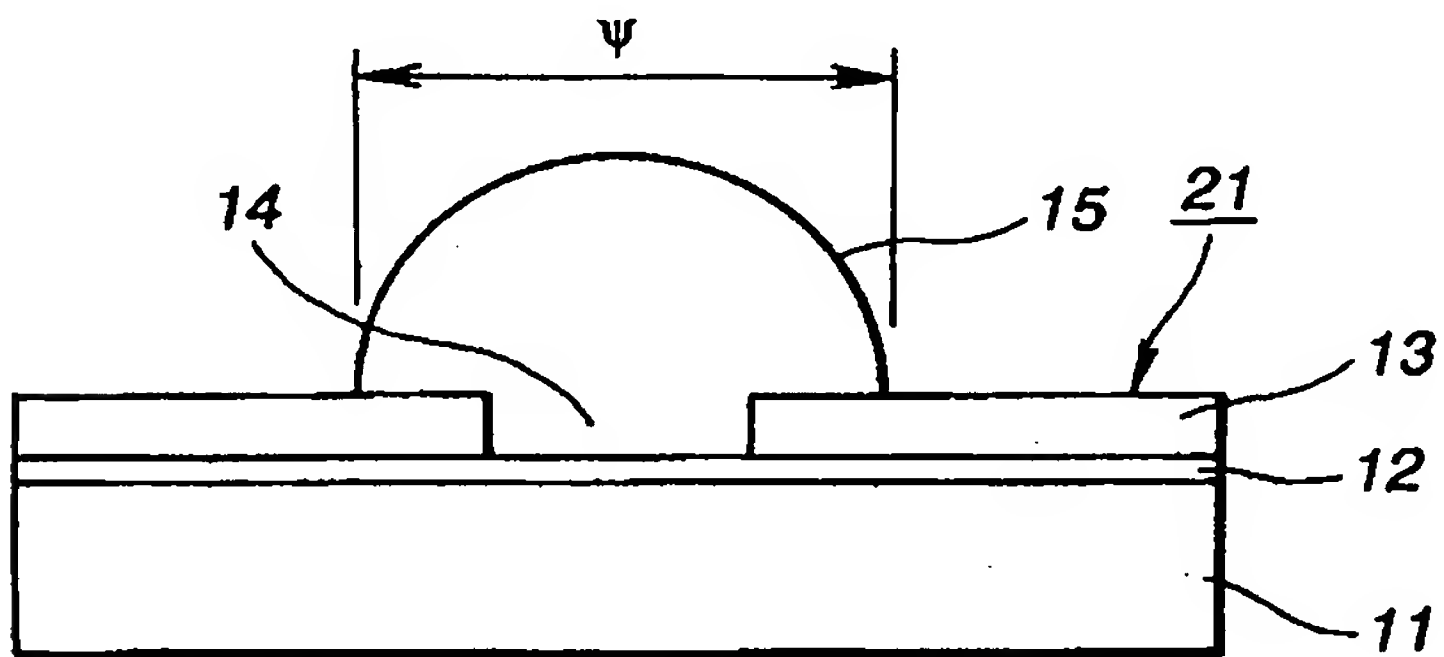




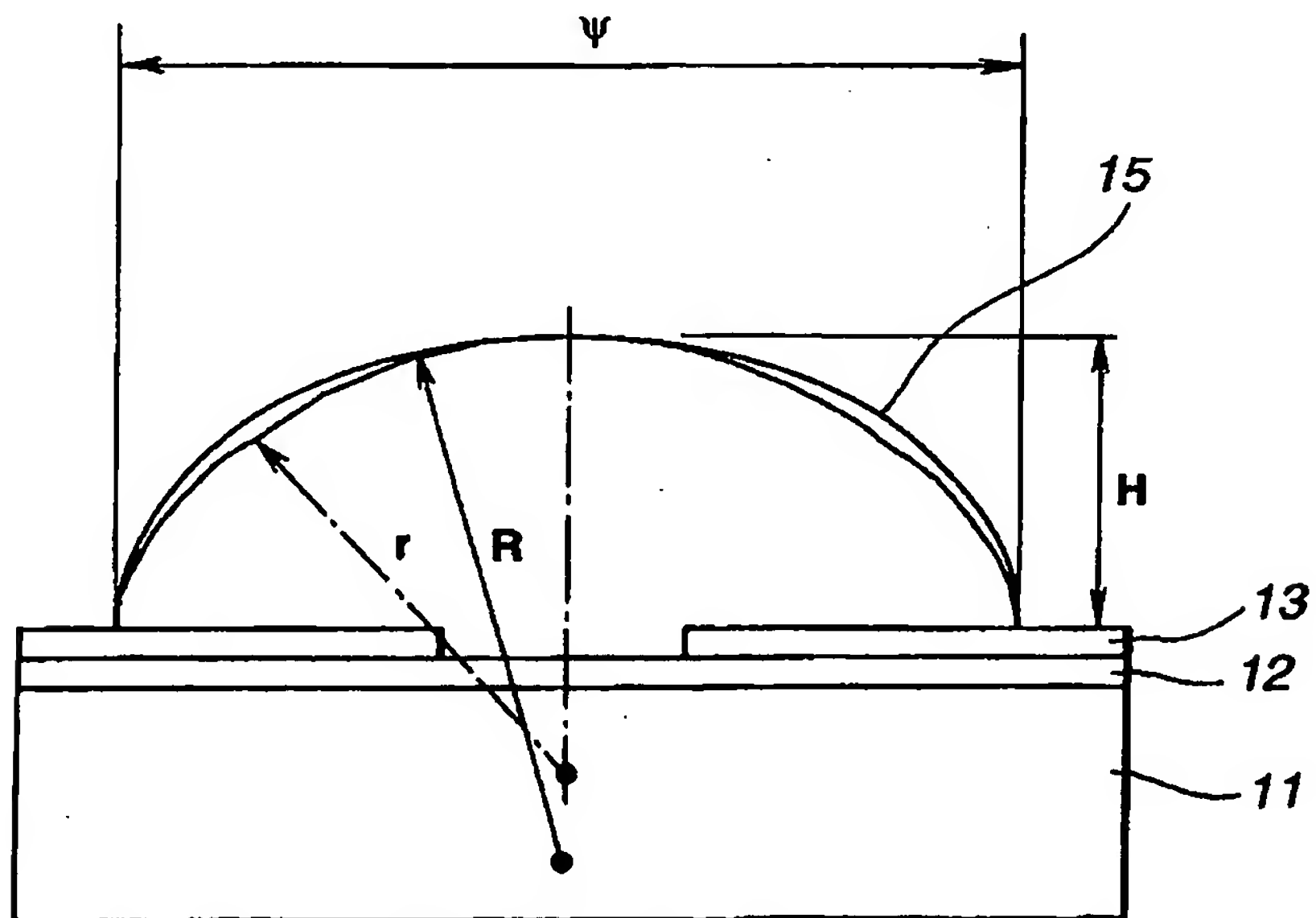
도면8c



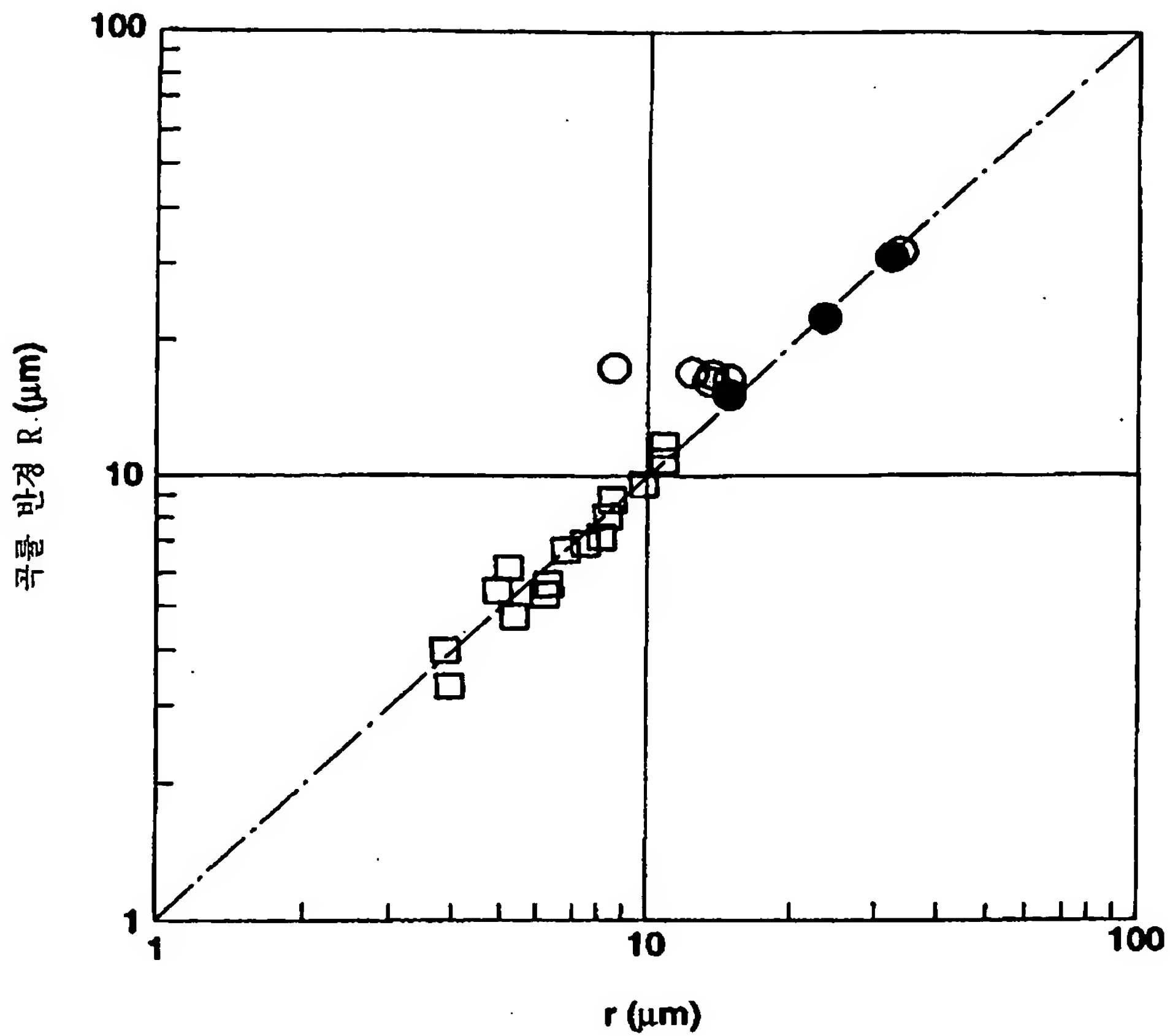
도면8d



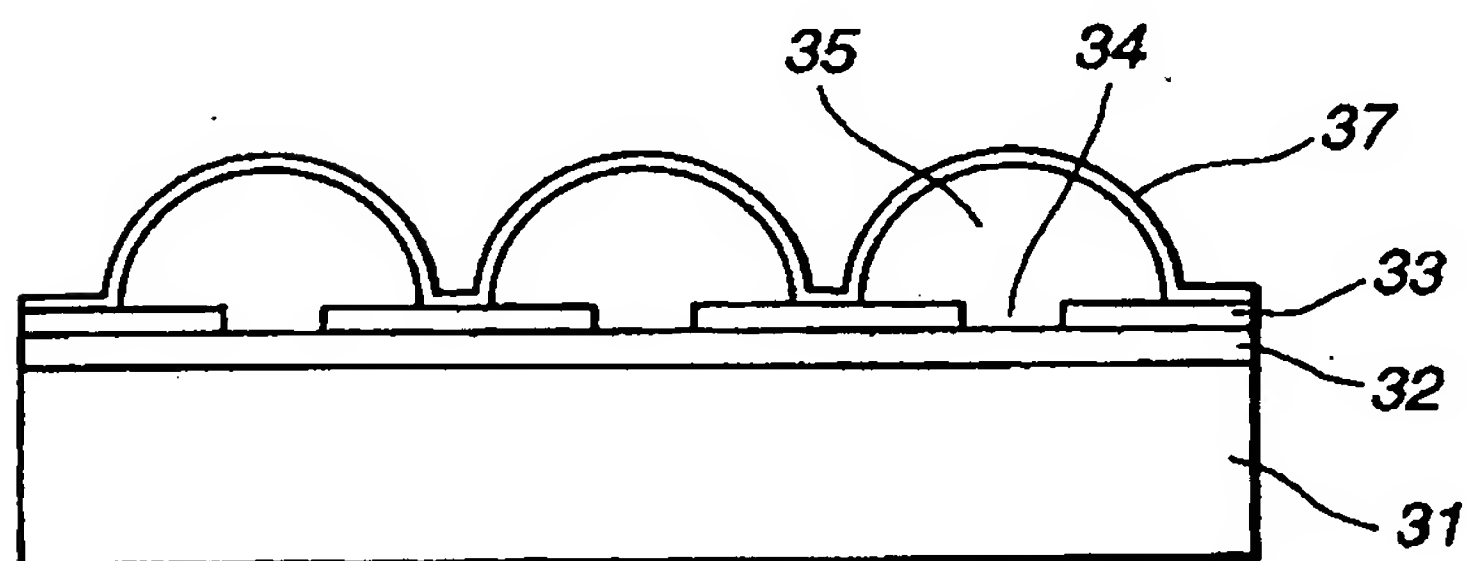
도면9



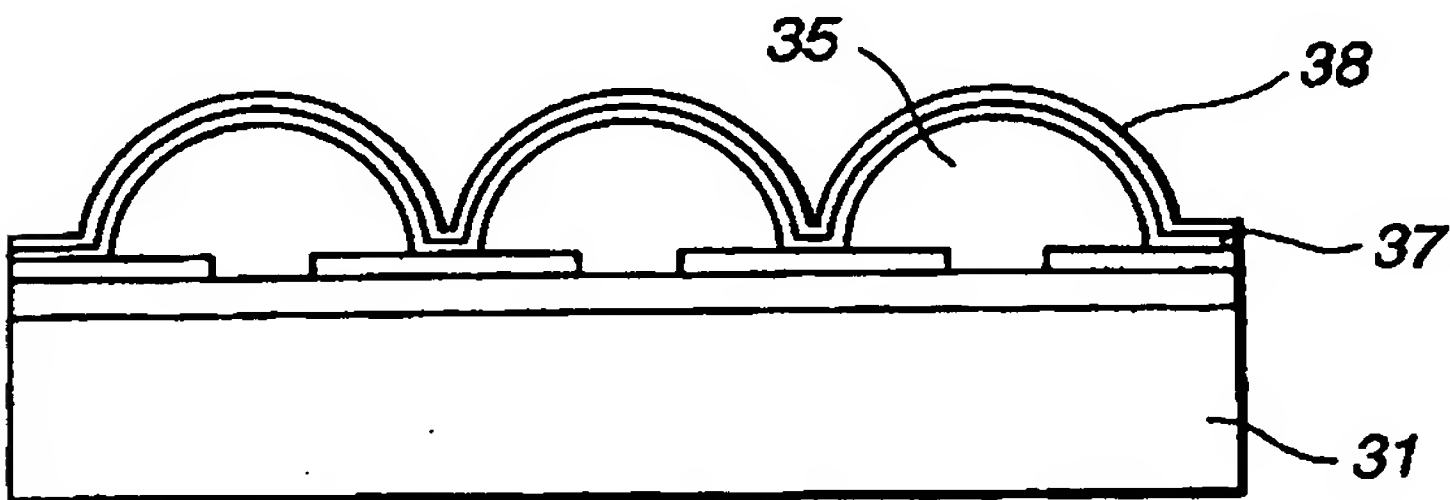
도면10



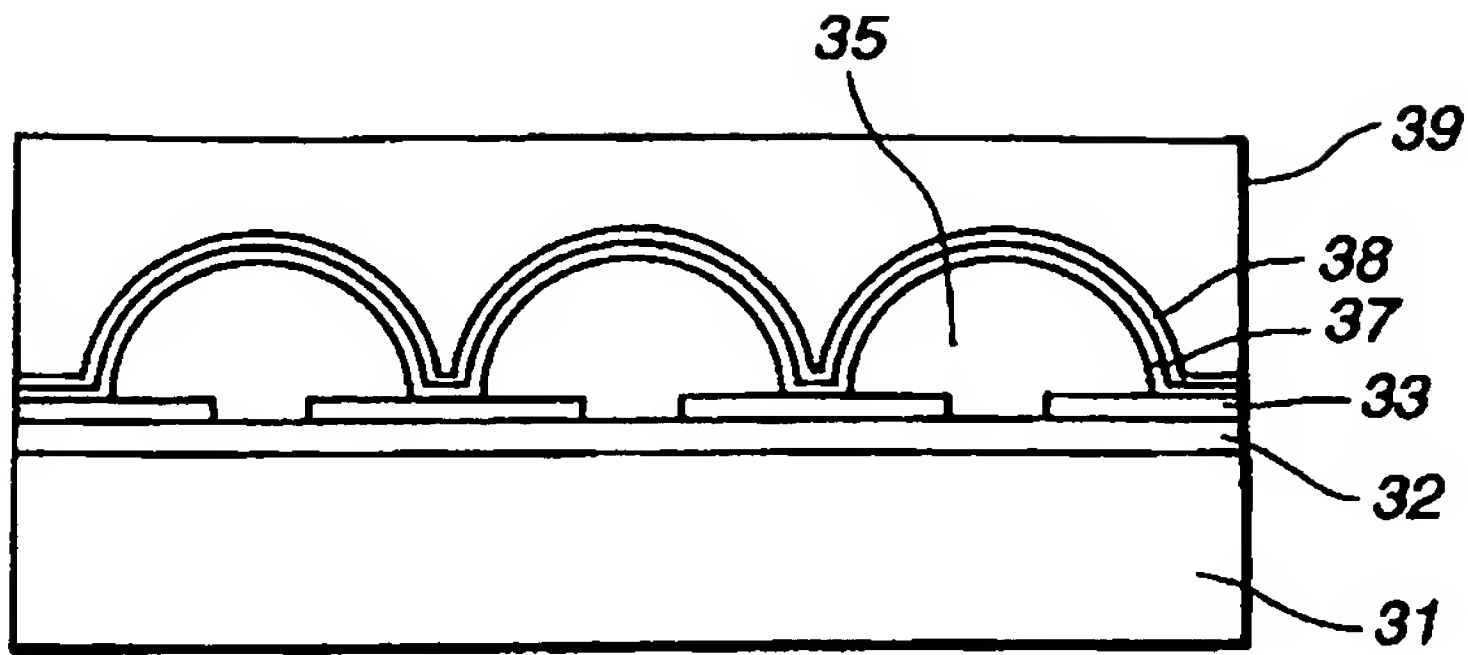
도면11a



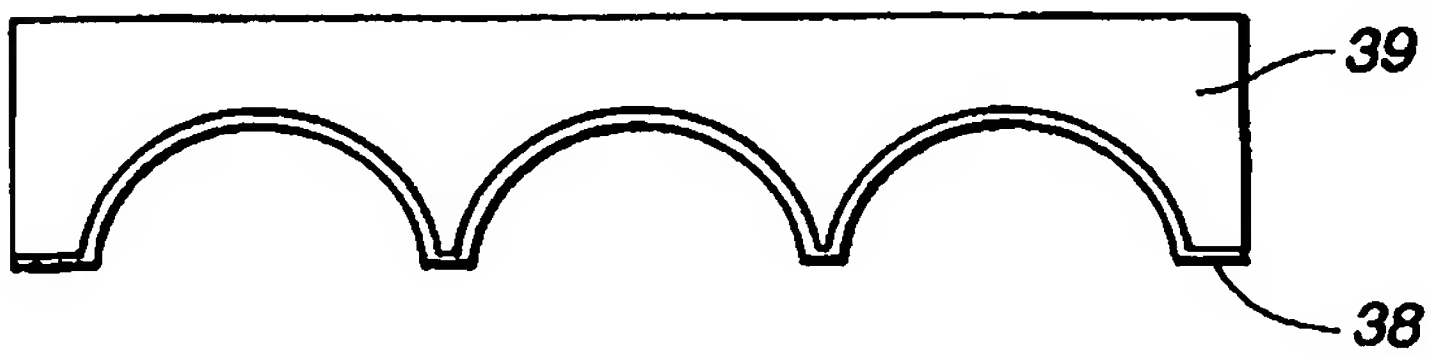
도면11b



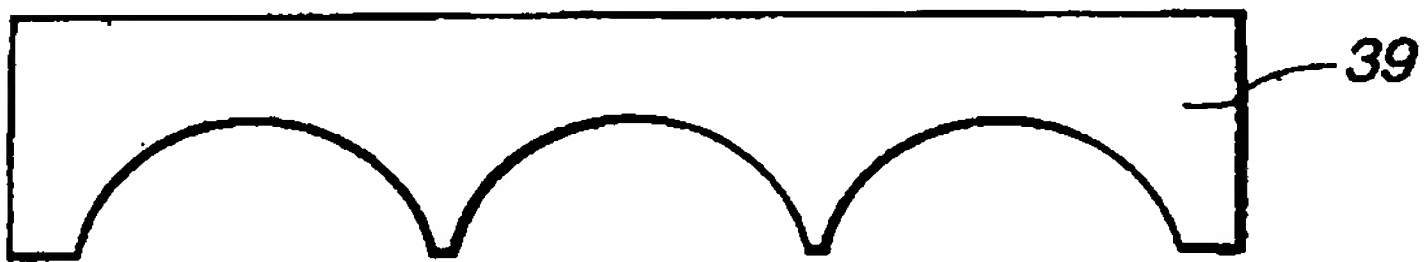
도면11c



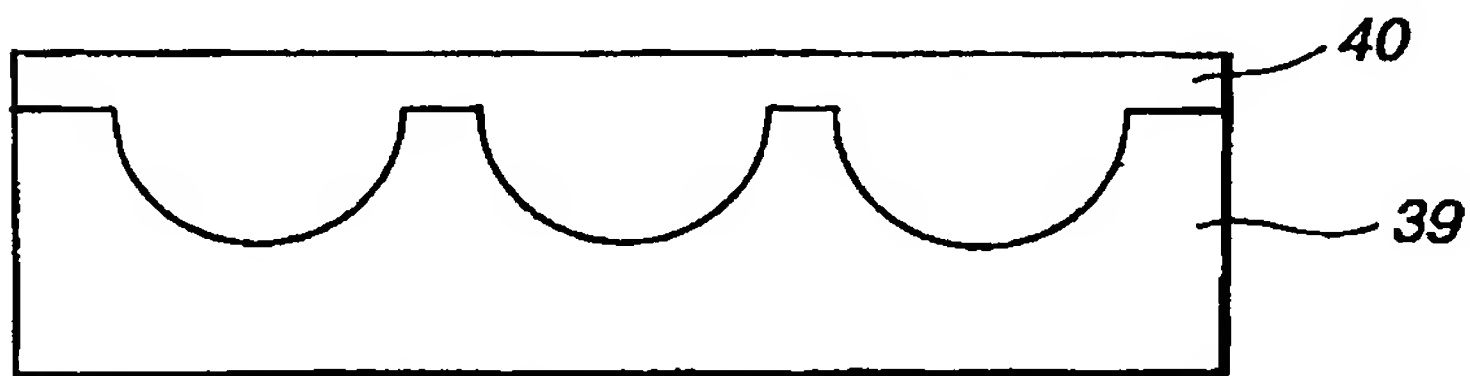
도면11d



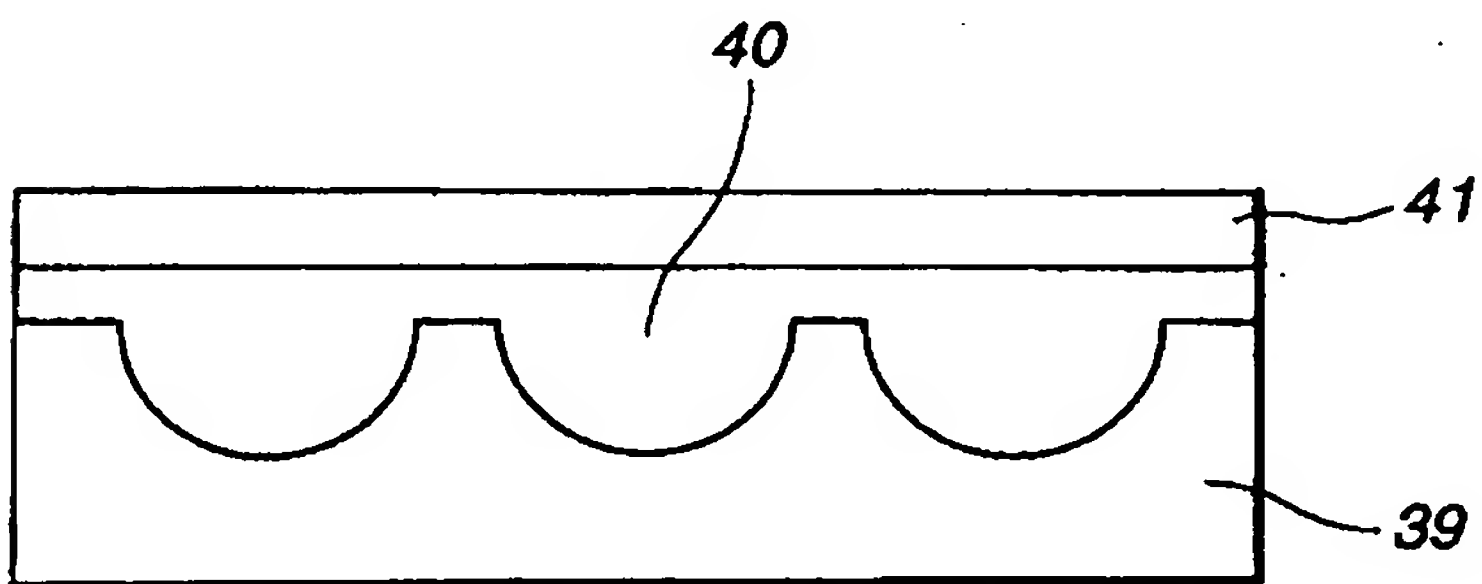
도면11e



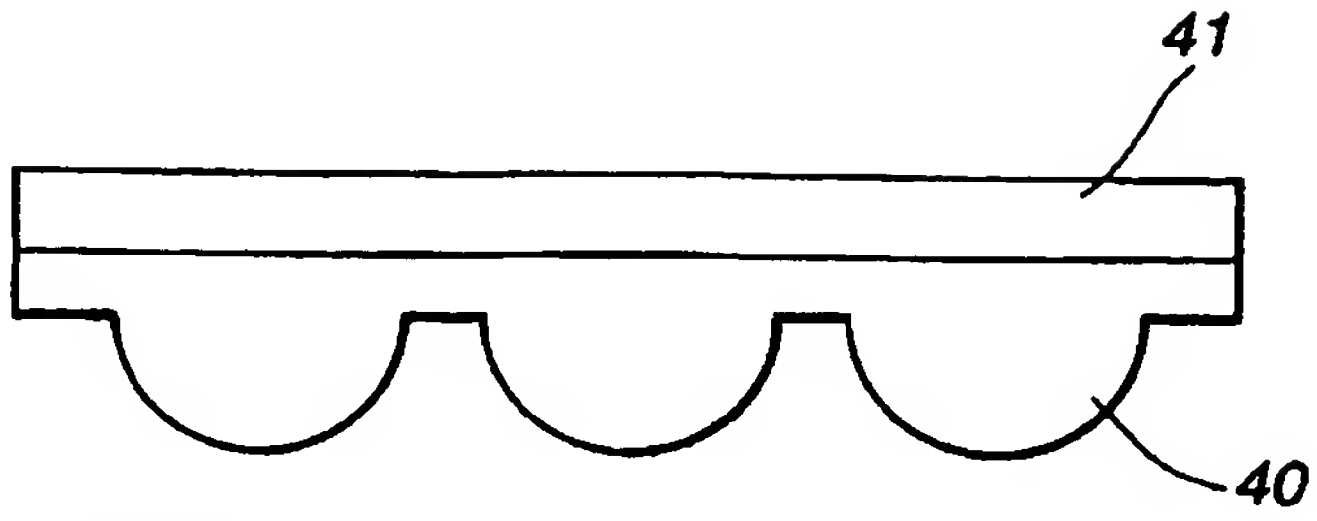
도면12a



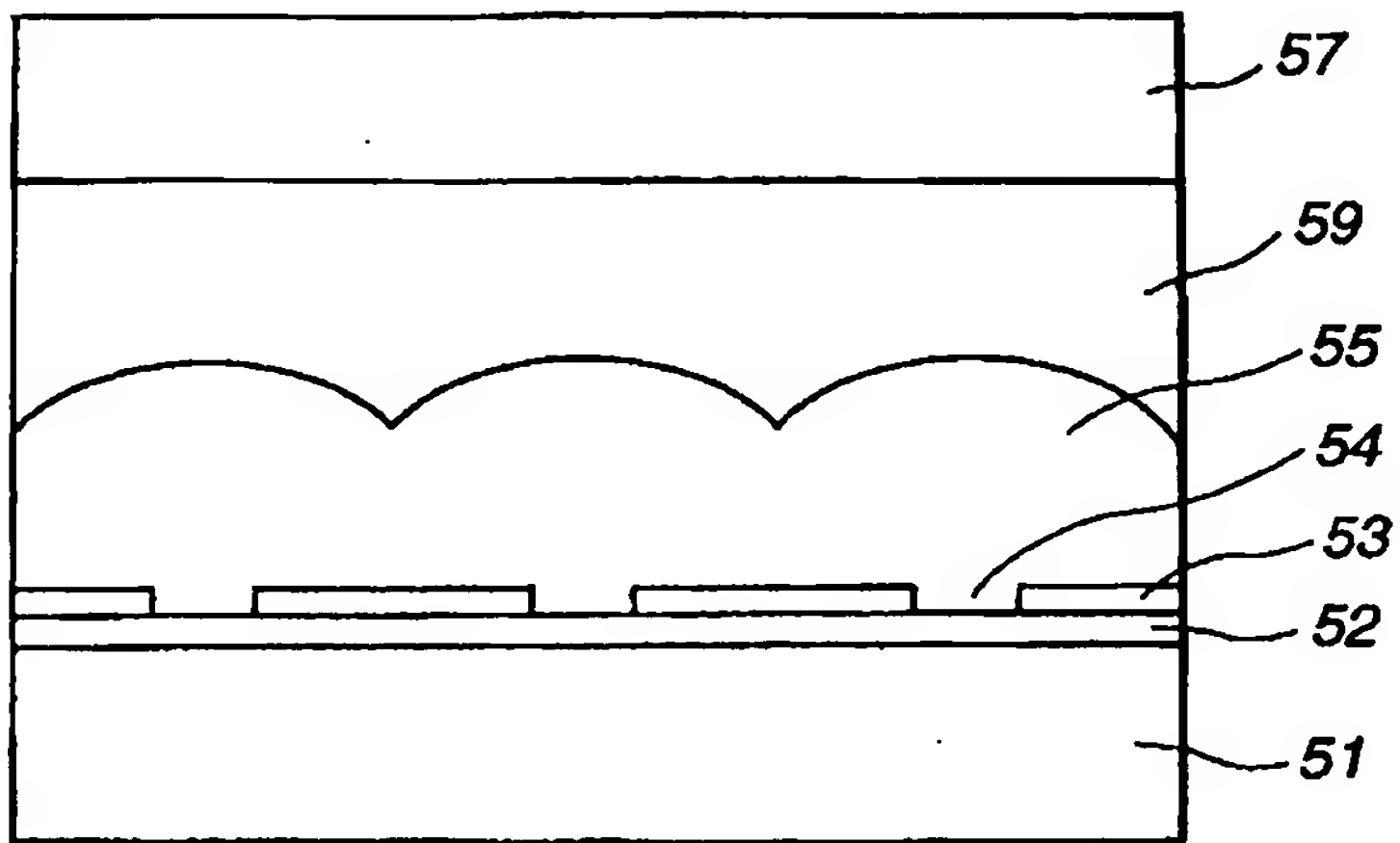
도면12b



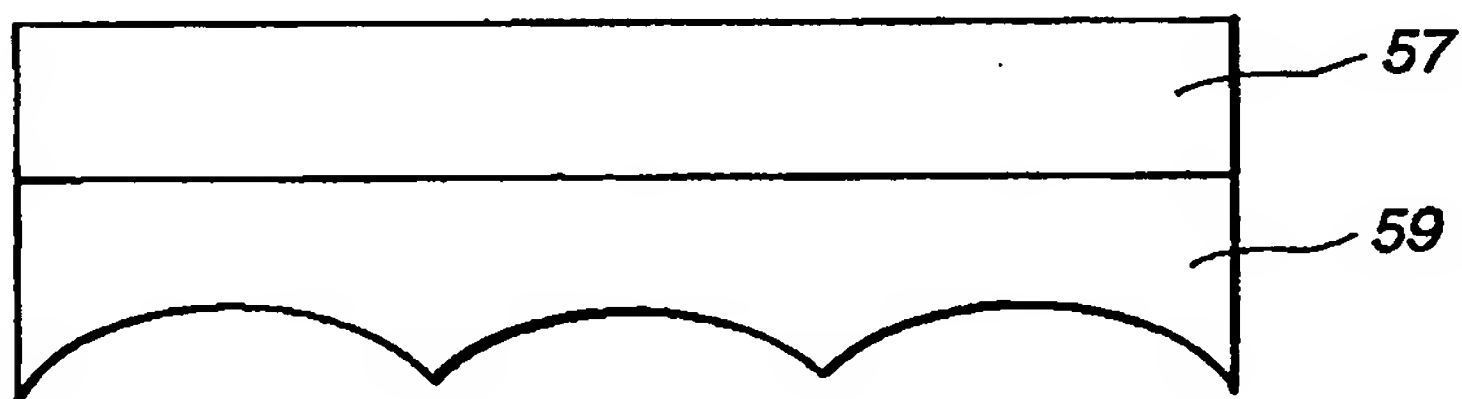
도면12c



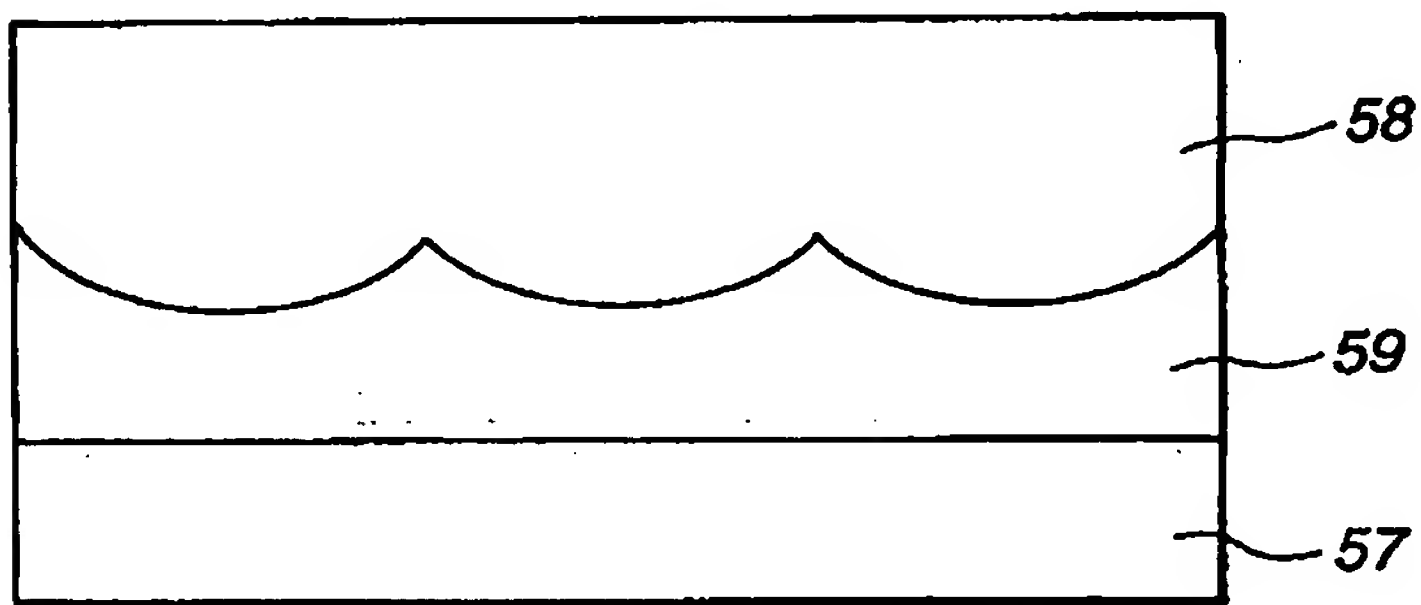
도면13a



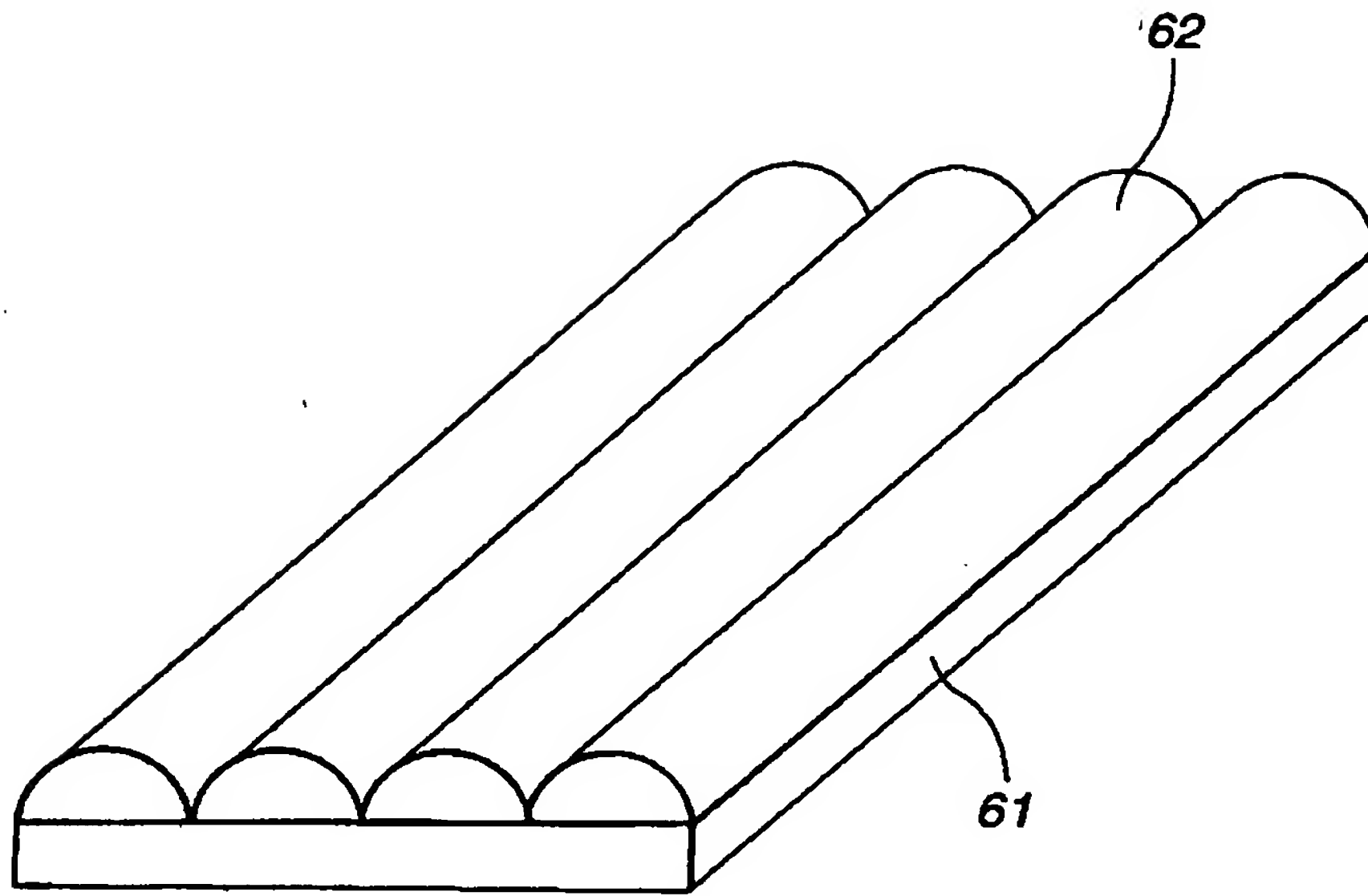
도면13b



도면13c



도면14



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**